ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1981 N° 1

MISE AU POINT DE SONDES URETRALES POUR LITHOTRITIE ULTRASONIQUE CHEZ LE CHIEN ET LE CHAT

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

Présentée et soutenue publiquement 1981

DEVANT

L'UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER DE TOULOUSE

PAR

ROBINE Bernard, Michel

Né le 14 Mars 1955 à TOURS (Indre-et-Loire)

JURY :

Président M. BASTIDE, Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs M. PAVAUX, Professeur à l'École Nat. Vétérinaire de Toulouse

M. RICO, Professeur à l'École Nat. Vétérinaire de Toulouse

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543924_0063

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1981 N° 1

MISE AU POINT DE SONDES URETRALES POUR LITHOTRITIE ULTRASONIQUE CHEZ LE CHIEN ET LE CHAT

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

Présentée et soutenue publiquement

DEVANT

L'UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER DE TOULOUSE

PAR

ROBINE Bernard, Michel

Né le 14 Mars 1955 à TOURS (Indre-et-Loire)

JURY :

Président M. BASTIDE, Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs M. PAVAUX, Professeur à l'École Nat. Vétérinaire de Toulouse

M. RICO, Professeur à l'École Nat. Vétérinaire de Toulouse

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur . . . . . M. LAUTIE
Directeurs Honoraires . . . MM. PONS
FLORIO

Professeurs Honoraires . . . MM. BRIZARD
BERTHELON
SAURAT

PERSONNEL ENSEIGNANT

Chaire de Pharmacie et Toxicologie

Professeur titulaire . . . . M. GODFRAIN
Professeur sans Chaire . . Mme BURGAT-SACAZE
Maître-Assistant Agrégé . M. PUYT
Pharmacie et Toxicologie

Chaire de Physique et Chimie Biologiques et Médicales

Professeur titulaire . . . . M. RICO
Professeur sans Chaire . . M. BRAUN
Maître-Assistant . . . . . M. BENARD
Physique biologique et médicale
Chimie biologique et médicale

Chaire d'Anatomie des Animaux Domestiques

Professeur titulaire . . . . M. PAVAUX
Maître-Assistant . . . . . M. LIGNEREUX
Maître-Assistant . . . . . M. SAUTET
Anatomie descriptive - Extérieur
Anatomie appliquée - Tératologie

Chaire de Physiologie et Thérapeutique

Professeur titulaire . . . . M. RUCKEBUSCH
Professeur sans Chaire . . M. FARGEAS
Maître-Assistant Agrégé . M. TOUTAIN
Physiologie
Thérapeutique et Pharmacodynamie

Chaire d'Histologie - Anatomie Pathologique

Professeur titulaire . . . . M. VAN HAVER-BEKE
Professeur sans Chaire . . M. CABANIE
Maître-Assistant Agrégé . M. MAGNOL
Histologie - Embryologie
Anatomie Pathologique

Chaire d'Hygiène et Industrie des Aliments d'origine animale

Professeur titulaire . . . . M. LABIE
Maître de Conférences . . M. EECKHOUTTE
Maître-Assistant . . . . . Mme BENARD
Hygiène, Inspection, Contrôle et Technologie des denrées alimentaires d'orignie animale

Chaire de Parasitologie et Maladies Parasitaires

Professeur titulaire . . . . M. DORCHIES
Maître-Assistant Agrégé . M. FRANC
Maître-Assistant . . . . . M. DUCOS DE LAHITT
Zoologie appliquée - Parasitologie externe
Parasitologie interne - Clinique

Chaire de Sémiologie et Pathologie Médicale des Équidés et Carnivores

Professeur titulaire . . . . M. LESCURE
Maître de Conférences . . M. GUELFI
Sémiologie et Pathologie Médicale des Équidés et Carnivores - Législation Vétérinaire et Déontologie - Clinique

Chaire de Pathologie Médicale du bétail et des Animaux de Basse-Cour

Professeur titulaire . . . . M. TOURNUT
Maître de Conférences . . M. BEZILLE
Maître-Assistant . . . . . M. JOUGLAR
Sémiologie et Pathologie Médicale du Bétail et des Animaux de Basse-Cour
Clinique - Clinique ambulatoire

Chaire de Pathologie Chirurgicale

Professeur titulaire . . . . M. CAZIEUX
Maître-Assistant Agrégé . M. GENEVOIS
Maître-Assistant . . . . . M. AUTEFAGE
Propédeutique et Sémiologie Chirurgicale
Technique Chirurgicale - Pathologie Chirurgicale - Clinique

Chaire de Pathologie de la Reproduction

Professeur titulaire . . . . M. FERNEY
Professeur sans Chaire . . M. ROYAL
Maître-Assistant Agrégé . M. TAINTURIER
Sémiologie et Propédeutique - Pathologie de la Reproduction - Obstétrique - Clinique

Chaire de Maladies contagieuses - Zoonoses - Législation Sanitaire

Professeur titulaire . . . . M. CHANTAL
Maître-Assistant . . . . . M. GANIERE
Maladies Contagieuses - Zoonoses
Législation Sanitaire

Chaire de Pathologie Générale - Microbiologie - Immunologie

Professeur titulaire . . . . M. LAUTIE
Maître-Assistant Agrégé . M. BODIN
Maître-Assistant . . . . . M. PELLERIN
Microbiologie - Immunologie
Pathologie Générale

Chaire de Zootechnie et Economie Rurale

Professeur titulaire . . . . M. QUEINNEC
Professeur sans Chaire . . M. DARRE
Maître-Assistant . . . . . Mme QUENNEC
Ethnologie - Génétique appliquée - Hygiène Générale - Zootechnie - Elevage - Economie Générale et des Productions Animales

Chaire d'Alimentation

Professeur titulaire . . . . M. FALIU
Professeur sans Chaire . . M. GRIESS
Maître-Assistant Agrégé . M. PARAGON
Botanique appliquée et Bromatologie
Agronomie - Alimentation

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

MM. les Professeurs ANGELIER, ARMENGAUD, AUVERGNAT, BLANC, BOURBON, COMBES, COMBRET, CROS, FERNET, LE BIHAN, MAZENC, RIVES.

UNIV. LEIDEN BIBL.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (Délibération de la Faculté, en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole, en date du 13 juin 1924).

A MES PARENTS

Qu'ils trouvent ici le témoignage de mon affection et de ma reconnaissance.

A MA FEMME ET A MES FILLES

Avec tout mon amour.

A MES SŒURS ET A MES BEAUX-FRERES

A TOUTE MA FAMILLE

A MES VRAIS AMIS

A Notre Président de Thèse

Monsieur le Professeur BASTIDE
de l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse.

Hommage respectueux.

A Notre Jury de Thèse :

Monsieur le Professeur PAVAUX
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui nous a guidé avec bienveillance et amabilité tout au long de l'élaboration de ce travail.

Respects et gratitude.

Monsieur le Professeur RICO
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui nous a fait l'honneur de juger notre travail.

Sentiments respectueux.

A Tous Nos Maîtres
de l'Ecole Nationale Vétérinaire
de Toulouse.

A Tout Le Personnel de la Chaire d'Anatomie de l'Ecole Vétérinaire de Toulouse et à Max BERNARD en particulier dont les conseils nous furent d'un grand secours.

A Monsieur PETIT, naguère représentant de la maison S.A.T.E.L.E.C., qui nous rendit de grands services dans le domaine technologique de notre travail.

INTRODUCTION

La Calculose urétrale pose actuellement un problème d'importance croissante chez les chiens et chats. Cette maladie fait appel, pour sa guérison, à des traitements médicaux ou chirurgicaux dont les échecs sont, hélas, trop fréquents. La lithotritie apporte dans ce domaine un progrès non négligeable ; toutefois, afin d'exploiter pleinement cette technique, il est nécessaire de disposer d'un matériel adéquat et notamment de sondes urétrales appropriées.

Nous nous sommes attachés à la mise au point de telles sondes chez le chien et le chat, qui sont si souvent atteints par cette affection. Dans ce but, après nous être intéressés à la calculose en tant que maladie, puis aux ultrasons et aux services qu'ils peuvent rendre en médecine, tant humaine que vétérinaire, nous avons confronté les contraintes, technologiques d'une part et anatomiques d'autre part, afin d'aboutir à un modèle de sonde, à la fois réalisable et utilisable, en nous aidant d'expérimentations personnelles.

* *
*

CHAPITRE PREMIER

LA CALCULOSE URÉTRALE

L'étude de cette affection n'étant pas le propos essentiel de notre exposé, nous nous sommes bornés à en brosser les traits dominants tout en indiquant, chemin faisant, les références bibliographiques susceptibles d'intéresser le lecteur.

1. DÉFINITION

CHANTREL (19), en 1974, définit les calculs comme des concrétions de volume, de composition et d'aspect variables, se constituant dans différents viscères. Outre l'appareil urinaire, ils affectent aussi les organes de la digestion : calculs salivaires, intestinaux, biliaires, pancréatiques ; et ceux de la reproduction : calculs mammaires, spermatiques, prostatiques.

WHITE (87), en 1961, évalue la fréquence des calculs urinaires à 2 % chez les chiens présentés au «Beaumont Animal Hospital» du «Royal Veterinary College» de Londres et WOLTER (89), citant JACKSON, l'estime à 1 % de toutes les maladies chez le chat.

Il est évident que nous nous intéresserons ici uniquement aux calculs urétraux, sans tenir compte des calculs rénaux et urétéraux.

2. ÉTIOLOGIE ET PATHOGÉNIE

De nombreuses hypothèses ont été avancées ; aucune ne fait l'unanimité, mais il est probable que les divers facteurs incriminés puissent prendre une part dans l'apparition de la maladie. CHANTREL (19), en 1974, précise que les carnivores sont beaucoup plus souvent affectés que les herbivores.

Le même auteur, après une étude détaillée sur l'influence de la race, chez le chien, note une prédisposition du Cocker (29 % des cas étudiés) et du Teckel (11 %). Le Berger Allemand, race tout aussi répandue, n'offre que 5 % des cas. Cela est à rattacher au mode de vie plus qu'à la race ; les chiens des villes sont plus exposés que leurs frères campagnards, du fait de la surnutrition et du manque d'exercice ;

on sait en effet que cela entraîne un déséquilibre alimentaire et un mauvais fonctionnement des émonctoires. Ce problème rejoint celui de l'alimentation, soulevé par WOLTER (89), en 1973, qui incrimine, outre des carences en vitamine A, une nourriture trop riche en granulés et un apport insuffisant d'eau ; cet aspect est particulièrement net chez le chat.

APPLEMAN (2), en 1966, et OSBALDISTON (59), en 1971, nous rappellent, par leurs études sur le Dalmatien, que cette race constitue un cas à part : une excrétion physiologique importante d'acide urique la rend en effet plus sensible aux obstructions uratiques.

L'âge est mis en cause chez le chien par FINCO, ROSIN et JOHNSON (34), en 1970. Ces auteurs ont relevé les fréquences suivantes :

Age en mois	$\frac{1}{2}$ - 2	3 - 6	7 - 12	13 - 24	25 - 48
Nombre d'observations	2574	7426	4755	4092	4340
Nombre d'urolithiases	1	2	4	8	31
Pourcentages	0,04 %	0,03 %	0,08 %	0,2 %	0,7 %

Age en mois	49 - 84	85 - 120	121 - 180	> 180
Nombre d'observations	3359	1786	951	60
Nombre d'urolithiases	46	31	9	0
Pourcentages	1,3 %	1,7 %	0,9 %	0

Ils mettent ainsi en évidence une forte augmentation de la maladie à partir de deux ans. Chez le chat, CARBONE (16), en 1965, FOSTER (35), en 1967, BLAKE (8), en 1968 et JACKSON (44), en 1971, s'accordent pour déclarer que l'urolithiase apparaît toujours entre deux et cinq ans.

L'importance des infections urinaires, ascendantes ou descendantes, fut démontrée par GOULDEN (36), en 1968, chez le chien. Ces affections entraînent une modification du pH et une desquamation de la muqueuse urètrale ou vésicale constituant ensuite la trame organique initiale du calcul. FINCO (34), en 1970, constate la présence de staphylocoques dans les urines de chiens atteints de calculose phosphatique sans pouvoir établir une relation de cause à effet. Chez le chat, le complexe cystite-obstruction urètrale est bien connu : SCHECHTER (73), en 1970, et PEKER (63), en 1972, se sont penchés sur ce problème, le premier en l'envisageant sous l'angle de l'étiologie, le second pour ce qui est du traitement. FABRICANT (33), en 1971, isole un virus à partir de l'urine d'une chatte présentant une urolithiase et RICH et FABRICANT (70), la même année, incriminent divers sérotypes de Picornavirus.

Le rôle du pH urinaire a été mis en valeur chez le chien par TREACHER (81), en 1966, cet auteur explique que l'acidification favorise la formation de calculs uratiques, l'alcalinisation rendant possible, quant à elle, la création de calculs phosphatiques. Chez le chat, RICH & KIRK (71), en 1968, et CARBONE (16), en 1965, montrent une augmentation de la quantité de cristaux de struvite (triples phosphates) dans l'urine de sujets normaux, parallèlement à l'augmentation du pH.

A ces grands facteurs, il convient d'en ajouter d'autres plus ponctuels. JOHNSTON (49), en 1973, et DENUZIERE (29), en 1976, affirment que le blocage des calculs au niveau de l'os pénien, chez le chien (cf. chapitre 3, § 2.1.4) est favorisé par les déformations de cet organe dues à l'hérédité (variations de calibre), à des facteurs nutritionnels et endocriniens (ostéopathie juvénile), à des fractures ou à des ostéites.

COTTET (25), en 1970, souligne l'influence de l'hyperparathyroïdie chez l'homme ; cette cause métabolique peut être étendue aux animaux, de même que les variations du rapport $\frac{Ca}{Mg}$ envisagées par WHITEHEAD (88), en 1961. BRION (12), en 1935, fait d'ailleurs intervenir l'hérédité à travers la transmission de troubles métaboliques notamment au niveau du foie.

Contrairement à une idée fort répandue, FOSTER (35), en 1967, affirme que la castration est sans effet. Les résultats de ses observations chez le chat montrent en effet des pourcentages non significatifs (68,3 % de castrés pour les animaux indemnes et 71,6 % pour les malades ; la différence est faible).

La pathogénie, bien que mal connue peut se résumer aux éléments avancés chez l'homme par ARDAILLOU (4), en 1972 ; la diminution du débit urinaire et l'augmentation de la concentration de l'urine permettent l'apparition de cristalloïdes dont la précipitation à des concentrations normales est favorisée par la modification de l'équilibre physico-chimique de l'urine (variation de pH, présence de mucoprotéines formant la matrice, diminution de la concentration en substances protectrices). BORDET (9), en 1962, met en valeur l'importance du spasme urètral, dû à la douleur consécutive à l'élimination de sable, dans les premiers temps de la maladie. Précisons enfin que les calculs trouvés dans l'urètre se sont le plus souvent formés dans la vessie.

3. ÉTUDE CLINIQUE

3.1. Évolution

JEANMONOD (48), en 1973, décrit chez le chien une obstruction progressive ou subaigüe et une obstruction brutale ou aigüe.

Dans la forme subaigüe, l'animal émet de plus en plus fréquemment de petites quantités d'urine. A la fin de la miction, quelques gouttes de sang en nature peuvent être observées. En recueillant l'urine dans un récipient, on peut parfois mettre en évidence un dépôt de sable, de cellules épithéliales desquamées et de sang. Ces symp-

tômes caractéristiques d'une obstruction partielle passent, hélas, le plus souvent inaperçus et il faut attendre le deuxième stade de la maladie pour que le propriétaire de l'animal soit alerté.

Dans la forme aigüe qui apparaît alors, le sujet cesse brutalement d'uriner ; l'animal fait des efforts douloureux et infructueux, aboutissant parfois à l'émission de quelques gouttes sanguinolentes. L'état général s'altère rapidement (congestion intense des muqueuses, abattement, anorexie). Progressivement l'urémie s'installe accompagnée de déshydratation, de vomissements et d'une alternance de diarrhée et de constipation. Au dernier stade, la respiration est dyspnéique, la palpation de l'abdomen est douloureuse et les déplacements difficiles ; l'haleine est fétide et l'on peut trouver des ulcérations gingivales caractéristiques de l'urémie. L'évolution aboutit au coma et à la mort.

PELSE (63), en 1975, a décrit un shéma semblable chez le chat.

3.2. Diagnostic

CHANTEREL (19), en 1974, et WHITEHEAD (87), en 1961, considèrent comme caractéristiques les symptômes d'hématurie, de dysurie ou de polakyurie accompagnés d'une odeur ammoniacale de l'urine ; celle-ci est blanchâtre et chargée en leucocytes, en mucine et en albumine (pyurie), on y trouve parfois du sable.

A la palpation de l'abdomen, on peut noter une réplétion intense de la vessie, sur laquelle des pressions prudentes n'entraînent aucune miction mais des réactions de douleur. JEANMONOD (48) y ajoute, en 1973, la perception d'un bond urètral au niveau du corps du pénis et la sensation d'un crissement au passage d'une sonde, voire le blocage complet de celle-ci.

La réalisation d'une radiographie intéressant tout l'appareil urinaire du rein au pénis se révèle fort utile ; l'animal doit être présenté en décubitus latéral, membres postérieurs tirés vers l'arrière. CLARK (22) décrit alors, en 1966, les calculs radiopaques visibles sans préparation : les phosphates donnent des agrégats blancs, arrondis, quelquefois coralliformes ; les oxalates donnent une image en «mie de pain» et la cystine, de faible opacité apparaît homogène et estompée. Les calculs uratiques, non radiopaques, ne pourront être mis en évidence que par la technique de pneumocystographie décrite chez le chien par RHODES (69), en 1967, qui permet en outre de faire un diagnostic différentiel avec les polypes et les tumeurs.

CLARK (22), en 1966, estime indispensable de compléter cet examen par une analyse de sang recherchant le taux d'urée et de créatinine accompagné d'une numération et d'une formule globulaire. GOULDEN (37), en 1969, montre le peu d'intérêt du dosage des électrolytes sanguins. En dernier lieu l'examen de l'urine au microscope permet de mettre en évidence des hématies, des leucocytes, des cylindres des cellules épithéliales, des cristaux. Le biochimiste recherchera le pH, les protéines et la présence de sang ; le bactériologue établira un antibiogramme.

L'ensemble de ces manœuvres aboutit à un diagnostic positif d'urolithiase et à une connaissance de la localisation et de la nature des calculs.

3.3. Nature des Calculs

WEAVER (85), en 1970, a étudié l'incidence relative des quatre types fondamentaux de calculs : phosphatiques, uratiques, oxaliques, cystiniques. OSBORNE (61), en 1976, a précisé les caractéristiques physiques de chacun d'eux.

Les calculs phosphatiques sont jaunes ou blancs, assez durs ; ils se réduisent en poussière crayeuse lorsqu'ils sont écrasés. CHANTREL (19), à la suite de ses études en 1974, les considère comme étant les plus fréquents chez le chien (60 % à 90 % des cas). Cet auteur distingue, par ordre d'importance décroissante, les triples phosphates, le phosphate de calcium, le phosphate d'ammonium. Ce sont aussi les plus fréquents chez les chats et JACKSON (46), en 1970, trouve en priorité des triples phosphates (struvite) suivis par le phosphate naturel de magnésie hydraté.

Les calculs uratiques sont des concrétions jaunes, fragiles, formés de lamelles concentriques, constitués principalement d'urate d'ammonium. CORNELIUS (24) les a étudiés chez le chien, en 1967, alors que JACKSON et SUTOR (45) les ont observés chez le chat en 1970.

Les calculs oxaliques sont durs, cassants, comportant à leur surface des cristaux pointus formant saillie ; l'oxalate de calcium prédomine. JACKSON (43), en 1968, s'est intéressé à leur présence chez le chat et CHANTREL (19), en 1974, en a décrit quelques cas chez le chien (2 sur 33).

Les calculs cystiniques sont de couleur crème, lisses, fragiles ; WHITE (86), en 1944, TREACHER (80), en 1962, et JEANBLAIN (47), en 1971, les ont étudiés chez le chien où ils sont plus répandus chez les mâles.

Ces divers constituants sont souvent associés pour former des **calculs mixtes**. TREACHER (81), en 1966, ajoute qu'ils accompagnent une matrice de mucoprotéines située entre les couches de substance amorphe.

3.4. Localisation

DENUZIERE (29), en 1976, délimite trois localisations préférentielles des calculs dans l'urètre du chien. **La fosse prostatique** n'est le siège d'obstructions que lors de processus pathologiques de cet organe tels que des prostatites ou des tumeurs ; **le bulbe du pénis** est parfois concerné par l'obstruction, mais l'entrée dans la **gouttière de l'os pénien** est de loin la localisation la plus fréquente (cf. rappel anatomique chapitre III, § 2).

Chez le chat, JACKSON (44), suggère, en 1971, que l'obstruction primitive aurait lieu au niveau des **glandes bulbo-urètrales** ; les efforts de miction feraient ensuite progresser les calculs ou bouchons sableux vers **l'urètre pénien** ; à l'inverse, ceux-ci pourraient continuer de s'accumuler dans la **partie prostatique** de l'urètre (cf. chapitre III, § 2).

4. TRAITEMENTS CLASSIQUES

4.1. Traitement médical

CHANTREL (19), en 1974, établi un protocole en trois points : lever le spasme, réduire l'inflammation, augmenter la diurèse. Elle utilise donc, dans un premier temps, des spasmolytiques, (LISPAMOL N.D., KHELLINE N.D.) ou des anesthésiques de surface introduits par cathétérisme. Pour diminuer l'inflammation elle a recours aux corticoïdes et aux salycilés associés à l'alphachymotrypsine ainsi qu'aux antiseptiques urinaires (RUFOL N.D., NIBIOL N.D.). Dans ce domaine, BENASSAYAG et THOMAS (5), en 1970, ont obtenu d'excellents résultats chez l'homme grâce à l'acide niflumique (NIFLURIL N.D.). Le traitement sera complété par des diurétiques osmotiques (sérum glucosé ou salé hypertonique) ou doux (LES PENEPHRYL N.D., SIPHURYL N.D.) auxquels on peut associer la dyalise péritonéale en cas d'urémie avancée.

HARDING et SUMMER (40), en 1955, préconisent l'emploi de l'hyaluronidase afin de stopper l'accroissement des calculs.

GOULDEN et WHITE (38), en 1966, décrivent un traitement adapté à chaque type d'urolithe, permettant d'éviter la récidive et d'assurer la prophylaxie (SCHLAF (73), en 1961).

JOLLY et WORDEN (50), en 1966, insistent sur la nécessité d'adapter le régime alimentaire aux substances impliquées et sur l'importance d'un apport correct en vitamine A.

4.2. Traitement chirurgical

Les techniques sont aussi nombreuses que variées ; leurs défauts ou lacunes apparaissent assez bien.

PELSE (65), en 1975, préconise la **ponction vésicale** lors de menace d'éclatement de la vessie, mais la considère comme dangereuse par suite de la création d'une solution de continuité aveugle.

TURNER (83), en 1971, envisage de chasser les calculs vers l'extérieur par **massage vésical transabdominal**. JEANMONOD (48), en 1973, précise, qu'outre les risques d'éclatement de la vessie, cette méthode ne se révèle efficace que si les calculs sont de faible dimension et non enclavés dans la muqueuse urétrale, il est nécessaire, d'autre part, que le spasme soit levé.

PIERMATTEI et OSBORNE (66), en 1971, refoulent les calculs dans la vessie par **cathétérisme et injection de sérum** physiologique dans l'urètre du chien. LAVIALE (53), en 1962, avait mis au point un procédé équivalent chez le chat. Dans les deux cas, les résultats ne sont obtenus que lors d'obstructions récentes et ne peuvent être que provisoires.

ARCHIBALD (3), en 1973, décrit un abouchement direct de la vessie à la paroi abdominale (**Cystostomie**) ; mais les inconvénients sont évidents : incontinence et risque d'infection ascendante.

ANNIS (1), en 1976, pratique une incision de la paroi vésicale (**Cystotomie**). Ce procédé n'apporte rien pour les calculs urétraux, il est simplement complémentaire de l'urètrostomie ; de plus, on assiste fréquemment à un écoulement d'urine dans le péritoine, éventualité toujours gênante.

L'urètrotomie consiste à évacuer les calculs par une ouverture pratiquée dans l'urètre. ANNIS (1), en 1976, laissait ensuite cicatriser sans suture ; ARCHIBALD (3), en 1973, préférait refermer la plaie ; HENAFF (41), en 1932, y adjoignait la pose d'un tube permanent chez le chien. La formation d'une cicatrice prédispose ici aux récidives.

L'urétrostomie est, de nos jours, l'opération la plus couramment pratiquée ; ARCHIBALD (3), en 1973, la définit comme la création d'une ouverture artificielle (Hypospadias) permanente en amont du lieu de blocage afin d'éviter les conséquences de la cicatrisation et d'assurer un écoulement normal de l'urine. Suivant l'animal et la localisation des calculs, les auteurs indiquent diverses techniques opératoires. Chez le chien, STOCKMAN (79), pratique, en 1972, l'urètrostomie ischiatique (au-dessus des bourses, au niveau du périnée) pour les calculs situés au bulbe du pénis. JEANMONOD (48), en 1973, utilise l'urétrostomie antéscrotale (en avant des bourses, au niveau de la base du pénis) pour les calculs bloqués en arrière de l'os pénien.

Chez le chat, SNOW (78), en 1972, décrit quatre possibilités : l'urètrocolostomie, l'urétrostomie antépubienne, périnéale et prépuciale. La première (abouchement de l'urètre au colon) est totalement abandonnée. MAC CULLY (56), en 1955, décrit un procédé d'urétrostomie antépubienne avec incision de la ligne blanche juste en avant du pubis. MENDHAM (57), en 1970, modifie la technique en lui adjoignant une incision paramédiane au niveau du col de la vessie et en suturant l'urètre en deux volets séparés. WHITEHEAD (88), en 1961, avait préconisé la pose d'un cathéter permanent en polyéthylène. L'urétrostomie périnéale est la plus étudiée et la plus utilisée ; BORDET (9) la met au point en 1962 ; il abouche l'urètre musculo-membraneux au périnée par une incision médiane au-dessus du fourreau. CARBONE (14), en 1963, imagine une méthode permettant de ne réséquer que le tissu érectile du pénis ; il l'améliore encore en 1967 (15 & 17) en faisant deux incisions au lieu d'une. BLAKE (8), en 1968, dénude le pénis jusqu'aux glandes bulbo-urétrales puis le sectionne dans le sens de la longueur et introduit les deux volets ainsi obtenus dans deux incisions tracées de part et d'autre de la plaie initiale. L'urétrostomie prépuciale, utilisée par CHRISTENSEN (8), en 1964, consiste à mener une incision de l'anus au prépuce, l'opération étant ensuite voisine de la précédente.

Il apparaît donc que le traitement médical est le plus souvent insuffisant et trouve ses applications surtout à titre prophylactique, dans les affections débutantes, ou comme complément d'autres méthodes, évitant la récidive. Sa lenteur d'action

sur un processus le plus souvent aigu lorsqu'il est décelé pénalise lourdement cette alternative. Le traitement chirurgical, outre les dangers spécifiques à chaque technique que nous avons déjà exposés, se révèle très choquant. Il nécessite une anesthésie générale et une opération parfois longue sur un sujet dont l'état est souvent fort débilité par l'auto-intoxication ; nombreux sont les animaux qui même à la suite d'une opération réussie, meurent des conséquences du choc. Pour ces raisons, SEVESTRE (75), en 1973, préconise l'utilisation de la lithotritie, en premier lieu, le recours aux autres traitements, seulement en cas d'échec. La lithotritie par cavitation ultrasonique, ainsi que nous l'allons voir, est définitive (les calculs sont détruits et éliminés), peu choquante (une simple tranquillisation suffit) et facile à mettre en œuvre. Nous nous proposons donc d'améliorer cette méthode afin d'en étendre les applications et les succès.

* *
*

CHAPITRE DEUXIÈME

LES ULTRA-SONS ET LEUR UTILISATION MÉDICALE

Nous nous sommes attachés, dans ce chapitre, à exposer simplement quelques principes utiles à la compréhension du fonctionnement de l'appareil utilisé lors de nos manipulations. Nous y décrivons, d'autre part, les applications des ultra-sons dans les sciences de la vie et leurs effets, bénéfiques ou néfastes.

1. DÉFINITION ET HISTORIQUE

BIQUARD (7), définit, en 1972, le son comme un phénomène susceptible d'impressionner l'oreille et résultant de la vibration de milieux matériels élastiques ; les sons peuvent être classés selon leur fréquence ; la bande de fréquence audible par l'homme est limitée et s'étend entre 16 Hz et 16000 Hz. Les fréquences supérieures constituent le domaine des ultra-sons.

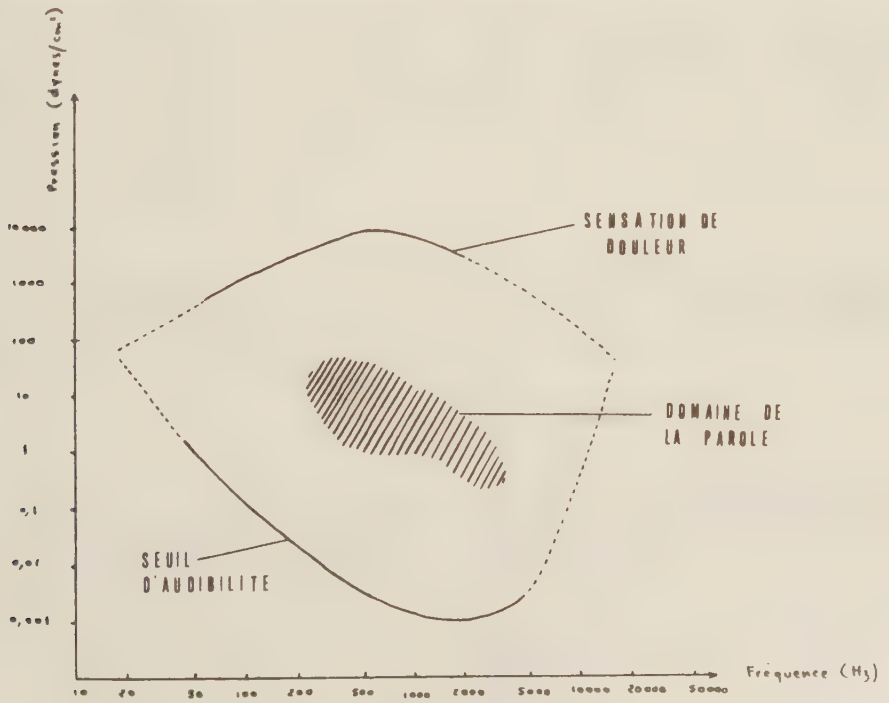


FIGURE N° 1

Seuil d'audibilité des ultrasons - BIQUARD (7), en 1972.

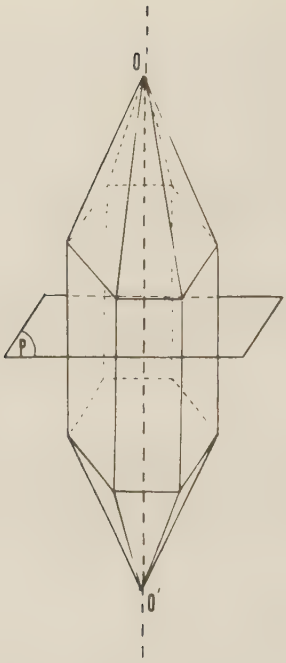


FIGURE N° 2
Le cristal brut

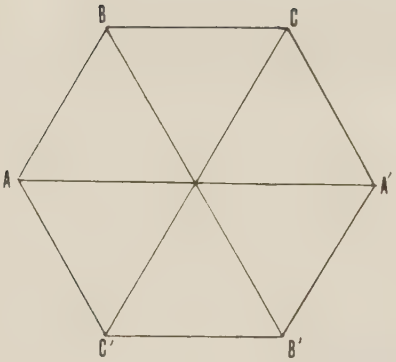


FIGURE N° 3
Coupe du cristal

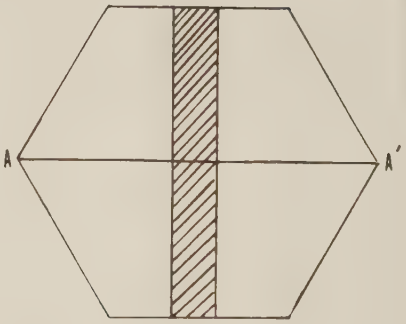


FIGURE N° 4
Taille du cristal

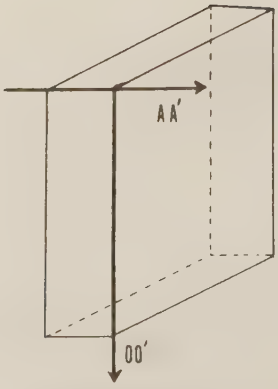


FIGURE N° 5
Résultats obtenus : la lamelle de quartz
BIQUARD (7), en 1972.

Ce même auteur nous rappelle que c'est en 1883 que GALTON commence à produire des ultra-sons de 25 000 Hz, grâce à un sifflet à air comprimé.

En 1912, la catastrophe du «Titanic» oriente les recherches vers l'utilisation des ultra-sons pour la détection des obstacles.

1922 est l'année de commercialisation des détecteurs de sous-marins de type «Sonar».

C'est en 1955 que LAMPORT et NEWMAN (52) pensent utiliser les vibrations ultrasoniques dans le traitement des calculs urétraux, chez l'homme.

2. PRODUCTION D'ULTRA-SONS

2.1. Par les Etres Vivants

Des études très précises ont été menées sur ce problème. Les chauves-souris et les dauphins sont les animaux les plus connus pour leurs facultés d'émission d'ultra-sons.

BUSNEL et DZIEDIC (13), ont analysé, en 1966, ce phénomène chez «Phocaena Phocaena» et ont montré que ce dauphin possède une capacité de détection des obstacles filiformes par ultra-sons du même ordre de précision que ses facultés visuelles.

HENSON (42), la même année, a étudié cette faculté chez plusieurs genres de chauves-souris et a détaillé le mode de perception et d'interprétation des signaux, en associant ces données à une description de l'anatomie de l'oreille ; MOHRES (59), toujours en 1966, a montré, de son côté, l'importance des ultra-sons dans la vie de relation des chauves-souris.

2.2. Production Artificielle

Les émetteurs les plus connus et les plus anciens sont les sifflets ; toutefois, dans le domaine de fréquences qui nous intéresse, nous aurons recours à des moyens plus sophistiqués. BERNARD (6), en 1976, distingue trois moyens de transformer l'énergie électrique en énergie acoustique.

2.2.1. La Piézoélectricité

Elle utilise un cristal de quartz taillé de telle sorte que les deux faces principales soient perpendiculaires à un axe électrique du cristal. Les charges électriques les plus grandes apparaissent en effet à l'extrémité de celui-ci.

La lame de quartz ainsi obtenue, soumise à une pression ou à une traction se polarise électriquement et, réciproquement, une lame de quartz soumise à un champ électrique se dilate ou se contracte dans le sens de ce champ. En appliquant une tension alternative sur les faces de la lame, celle-ci subira une suite de dilatations et de rétractations ; elle vibrera donc en produisant des ultra-sons.

2.2.2. La Magnétostriction

Lorsqu'un barreau aimanté est soumis à un champ magnétique extérieur variable, il subit une suite de contractions et de dilatations en produisant des ultra-sons ; certains appareils utilisent encore ce procédé et le montage de la figure 6.

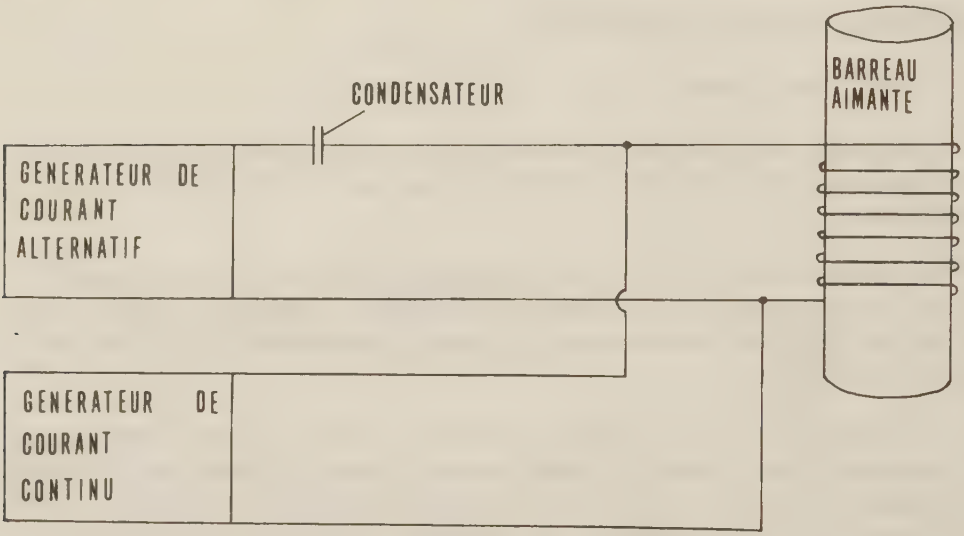


FIGURE N° 6

Montage produisant des ultrasons par magnétostriction.

Le courant continu produit l'aimantation du barreau ; le courant alternatif produit un champ magnétique variable.

2.2.3. L'Electrostriction

Le quartz est ici remplacé par une poudre de Zirconate-Titanate de plomb. Cette poudre, moulée dans un liant, est ensuite soumise, durant la prise, à une forte différence de potentiel réalisant une polarisation permanente ; la mosaïque obtenue se comporte comme un quartz taillé mais nécessite un voltage beaucoup moins important pour une intensité acoustique identique.

L'obtention de hautes fréquences exige des lames de faible épaisseur donc fragiles. LANGEVIN eut l'idée d'emprisonner la lamelle entre deux masses d'acier ; le système vibre alors dans son ensemble et peut être monté rigidement dans une carcasse métallique.

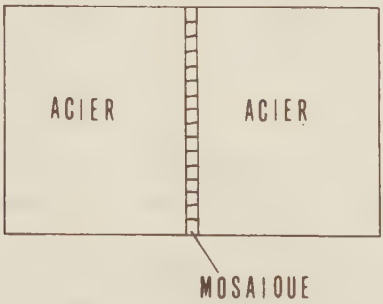


FIGURE N° 7

Le triplet quartz-acier.

3. PROPRIÉTÉS DES ULTRA-SONS

3.1. Propriétés Physiques

Selon GUIEYSSE (39), en 1964, les ultra-sons se propagent dans les fluides sous forme d'une onde longitudinale ; dans les solides, il faut lui adjoindre une onde transversale dite «de cisaillement».

D'autre part, les ultra-sons provoquent une agitation supplémentaire des molécules entraînant une élévation thermique, surtout dans les milieux très absorbants (30° C en 30s. dans certains gels selon BIQUARD (7), en 1972). Au niveau des aérosols, cette agitation augmente les probabilités de rencontre des particules qui forment alors des amas se déposant sur les parois des récipients.

La cavitation est l'effet le plus notable des ultra-sons. Nous le développerons particulièrement car ses conséquences, utiles et nuisibles, sont innombrables, de plus, l'appareil que nous avons utilisé, fait appel dans une large mesure à ce phénomène.

GUIEYSSE et SABATHE (39), en 1964, nous apprennent que le passage d'une onde sonore dans un liquide s'accompagne toujours de variations de pression à l'intérieur de celui-ci ; pour des valeurs importantes de l'intensité et de la fréquence sonore (cf. fig. 10) les différences peuvent atteindre ou dépasser une atmosphère ; il y a alors apparition d'une pression négative dans le liquide provoquant une implosion et la formation de bulles gazeuses.

	pression efficace (N/m^2)	intensité sonore (W/m^2)	niveau sonore (dB)
limite théorique	$0,7.10^5$	$1/3.10^4$	117
limite pratique	$0,4.10^5$	2.10^4	125

FIGURE N° 8

Limites de la cavitation dans l'eau (selon GUIEYSSE et SABATHE (39), en 1964).

Dans une liquide pur, les bulles de vapeur apparaissent au point où la pression est la plus basse ; c'est la cavitation vraie. Dans un liquide contenant des gaz dissouts, ceux-ci se dégagent en premier ; c'est la pseudo-cavitation ou désaération.

Ainsi s'expliquent des phénomènes aussi variés que la perforation du blindage de certains bateaux au voisinage de l'hélice, l'activation de systèmes chimiques, la décomposition de molécules et de nombreux effets biologiques.

3.2. Effets Biologiques

Ils ont mobilisé bien des chercheurs. DYSON, POND et BROADBENT (32), en 1970, soumettent des embryons de poulets à un flux d'ultra-sons ; ils observent des destructions localisées de l'épithélium des vaisseaux sanguins. Au niveau cellulaire, ils constatent que la membrane plasmatique est déchirée et qu'il existe des lésions secondaires des lysosomes.

CRAWFORD (26), en 1959, montre qu'il faut trois fois plus de temps pour détruire une colonie de «Bacteridium Coli» dans le lait que dans l'eau en les soumettant à des ultra-sons. Ce même auteur applique un faisceau intense d'ondes à des souris et constate que la mort intervient en 150 secondes sans que des lésions internes précises puissent être décrites.

SHOJI, SHIMIZU, MOMUA et MATSUDA, en 1971, (76), exposent des souris gestantes à des flux continus d'ultra-sons de faible intensité ; ils observent un effet tératogène certain, notamment quelques «exencephales» et des malformations du squelette (absence de côtes) ; de plus, la mortalité fœtale est accrue.

Chez l'homme enfin, le même CRAWFORD (26) décrit, en 1959, sous un faisceau intense d'ondes, une fatigue anormale et des pertes d'équilibre accompagnées de coup de marteau dans l'oreille ; au niveau de la bouche et du nez apparaissent des chatouillements désagréables. Si l'exposition se poursuit, un mal de tête persistant s'installe suivi d'une diminution de l'acuité auditive, voire d'une surdité totale ; l'issue peut être fatale par élévation de la température corporelle.

CHARBONNIER et SCHULLER (20), en 1974, attribuent ces résultats sur

les êtres vivants à trois facteurs : effets chimiques, mécaniques (cavitation), thermiques. Toutefois, ils remarquent que ces phénomènes n'interviennent que pour des intensités et des durées d'émission largement supérieures à celles utilisées en pratique courante.

4. APPLICATION MÉDICALE DES ULTRA-SONS

4.1. En Médecine Humaine

En 1946, DENIER (28) espère dépister par ultra-sons les tumeurs profondes du cerveau ; les résultats sont modestes mais encourageants.

En 1949, DESGREZ et MALINVAUX (30) traitent les algies vertébrales par ultrasonothérapie. CHATEAU (21), en 1951, montre l'efficacité de ce traitement dans les algies des amputés.

En 1966, POURCELOT (68) et ses collaborateurs mesurent le débit des gros vaisseaux sanguins grâce à «l'effet Doppler».

En 1969, TREFI (82) utilise «l'effet Doppler» dans le diagnostic et la surveillance de la grossesse (échographie).

En 1974, BOURDAIN (10) fait la synthèse des applications des ultra-sons en odontostomatologie humaine et BERNARD (6), en 1976, se sert de l'appareil que nous décrivons plus loin pour le descellement des prothèses dentaires, le foulage des amalgames et le détartrage.

4.2. En Médecine Vétérinaire

4.2.1. Gynécologie

VISSEAUX (84), en 1975, utilise «l'effet Doppler» pour le diagnostic de gestation chez la brebis et ROUX (72), en 1977, utilise ce procédé chez la chienne.

4.2.2. Odontologie

PIQUEREAU (67), en 1972, montre l'intérêt de la lithotritie ultrasonique pour le détartrage des chiens.

4.2.3. Rhumatologie, Algies diverses

KREBS (51) et LEPORI (54), en 1956, obtiennent chez les animaux des résultats parfois spectaculaires dans ce domaine.

4.2.4. Cancérologie

KREBS (51), en 1956, signale que le sarcome de Sticker du chien est sensible aux ultra-sons ; toutefois, la localisation génitale rend le traitement délicat.

4.2.5. Urologie

La lithotritie ultrasonique fut essayée par LAMPORT et NEWMAN (52), en 1955, puis par COATS (23), en 1965, sans beaucoup de succès chez l'homme ; il faut attendre 1970 pour que LUTZEYER et POHLMAN (55) mettent au point cette méthode dont le principe est fort simple ; il consiste à introduire dans le conduit urétral une sonde à ultra-sons dont les vibrations provoquent l'éclatement des calculs qui sont enclavés.

S'inspirant de ces auteurs, DENUZIERE, en 1976, (29), adapte le procédé aux chiens et chats, en décrivant un protocole d'intervention. L'appareil présenté par DENUZIERE utilise, pour produire les ultra-sons, le phénomène de magnétostriction (cf. chapitre II, § 2.2.2.) ; ce principe comporte deux inconvénients majeurs : l'apparition de «courants de Foucault» dans le barreau vibrant entraîne un échauffement et une forte déperdition d'énergie ; ce noyau doit donc être feuilleté ce qui le rend facilement déformable, toute déformation impliquant une baisse de rendement. Les vibrations ultrasoniques à l'extrémité du barreau sont désordonnées et provoquent un mouvement complexe de la sonde qui la rend moins efficace. De plus, la sonde utilisée, unique, est longue et fine, par conséquen fragile, déformable, et difficile à utiliser.

Les essais menés avec ces instruments à l'école vétérinaire de Toulouse n'ont jamais permis d'obtenir les résultats escomptés. Cela explique nos recherches, visant à améliorer techniquement une méthode dont le principe est bon. Dans ce but, nous avons utilisé un appareil conçu différemment, en y ajustant des sondes parfaitement adaptées à l'anatomie du chien et du chat.

* *
*

CHAPITRE TROISIÈME

RECHERCHES PERSONNELLES, MISE AU POINT DE SONDES.

Lorsque les représentants de la Société SATELEC vinrent consulter la chaire d'anatomie de l'Ecole Vétérinaire de Toulouse, leur problème était précis ; ils disposaient d'un appareil produisant des ultra-sons destiné à l'odontologie et se proposaient de l'adapter à l'urologie chez les carnivores ; or, s'ils disposaient de critères techniques précis, les caractères anatomiques du chien et du chat leur faisaient totalement défaut. C'est sur ce point qu'ils demandèrent notre aide afin de préciser la forme et la taille à donner à leur sonde.

1. DONNÉES PHYSIQUES

1.1. Matériel

L'appareil de référence est le «SUPRASSON PIEZOMATIC P2» construit par la Société SATELEC. (cf. fig. 9 & 10). Cet appareil est composé d'un générateur, d'une pièce à main et d'un insert.

Le générateur (fig. 9) transforme le courant du secteur (50 Hz) en un courant de 32 000 Hz. Il se présente sous la forme d'un boîtier comprenant un réglage d'amplitude des vibrations par curseur et un réglage de l'intensité du spray (arrivée d'eau). Il est relié à une pédale servant d'interrupteur et à la pièce à main.

La pièce à main est la partie tenue par l'opérateur (fig. 10). Elle contient le transducteur qui transmet la vibration de l'émetteur à l'insert. Le principe est celui de l'électrostriction.

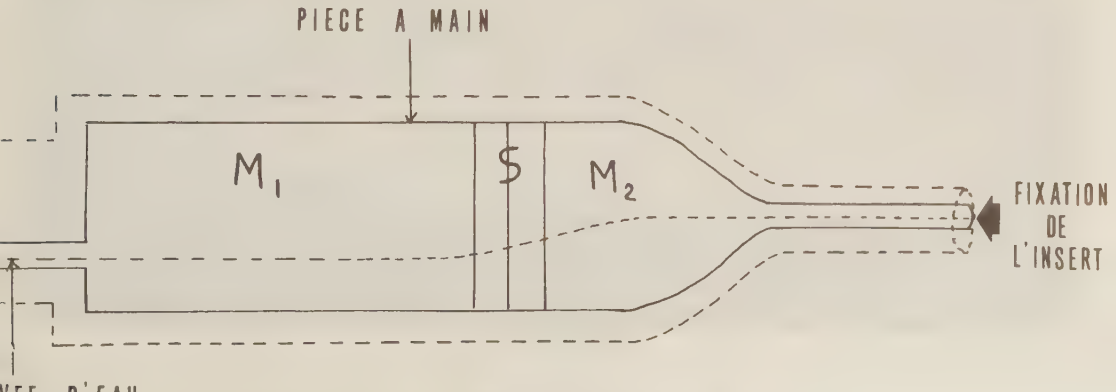


FIGURE N° 11 : Le transducteur situé dans la pièce à main.

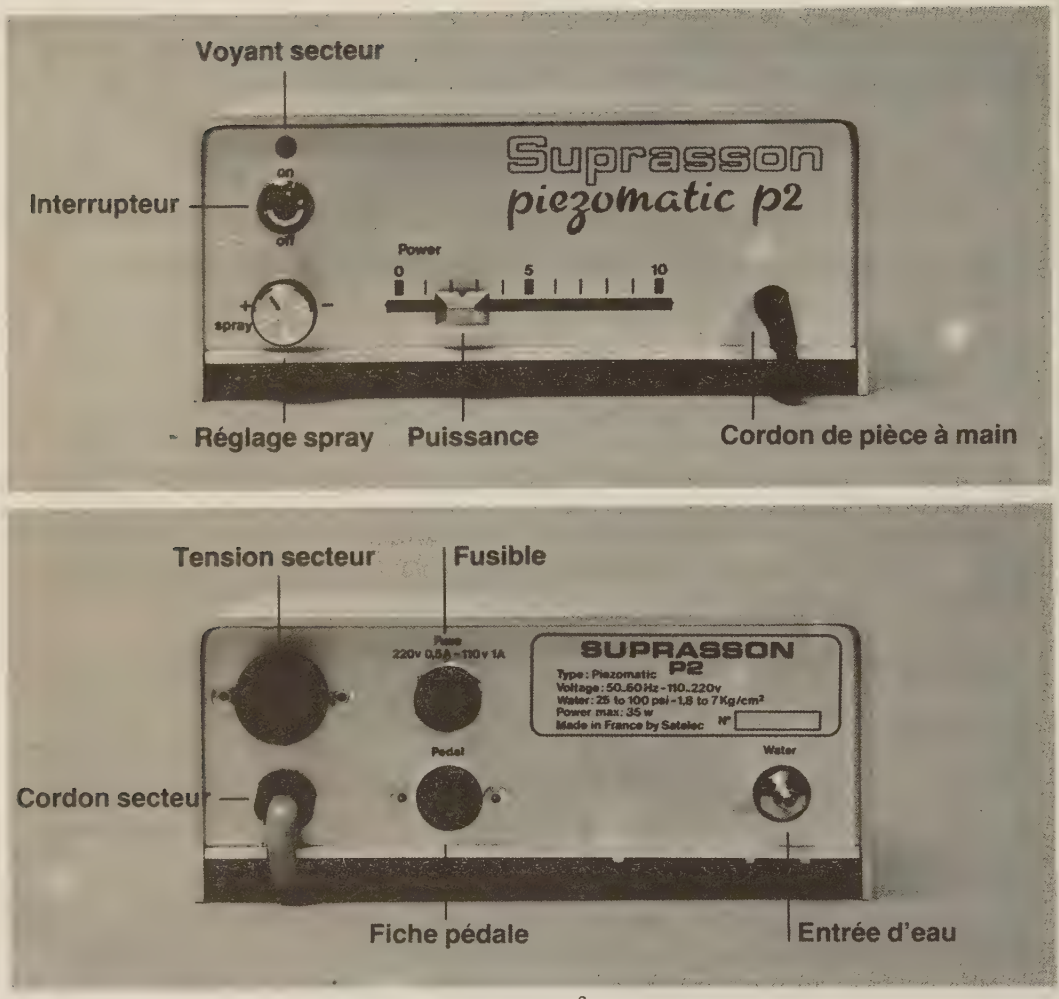


FIGURE N° 9

Face antérieure et face postérieure de l'appareil.

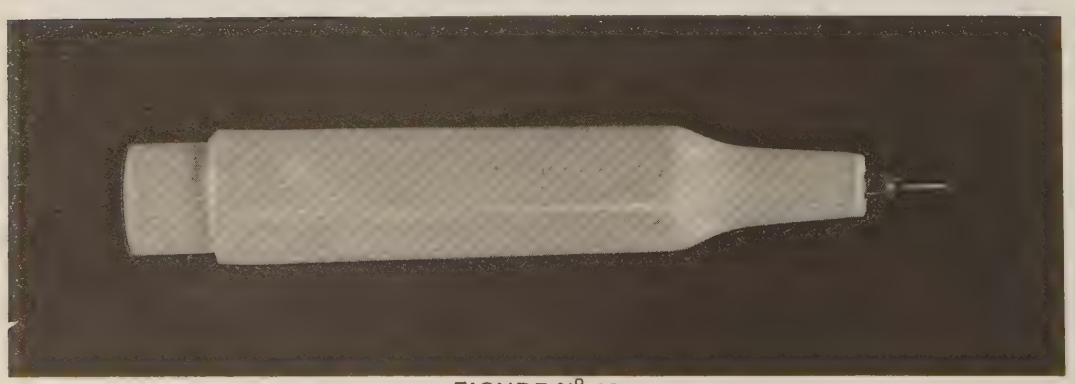


FIGURE N° 10

La pièce à main.

Les masses M_1 et M_2 sont métalliques ; elles mermettent d'amplifier l'onde ultrasonique et de la transmettre à l'insert (fig. 11).

S est l'émetteur (triplet de Langevin) et, à cet ensemble s'ajoute une arrivée d'eau pour le spray.

L'insert est ici constitué par la sonde urinaire dont nous proposons de déterminer les caractéristiques. L'appareil, conçu pour l'odontologie, est accompagné, initialement, de plusieurs inserts ayant chacun une fonction précise. (foulage, descellement, détartrage).

1.2. Fonctionnement

Le but de l'opération est d'amener la sonde au niveau des calculs et de les détruire en utilisant deux phénomènes : l'effet mécanique et la cavitation.

L'effet mécanique fait agir la sonde comme un marteau-piqueur. L'efficacité varie suivant la forme de la sonde mais elle reste, dans tous les cas, réduite et l'effet mécanique constitue le plus souvent une source de problèmes, ainsi que nous le verrons ultérieurement.

La cavitation, du fait de la présence d'eau au niveau du lieu opératoire (spray et hydratation des calculs), peut apparaître ; elle intervient en priorité dans la dislocation du calcul ; ajoutons qu'elle détermine aussi la dissociation de molécules d'eau :

$$H_2O \longrightarrow OH + H$$

Ces ions se recombinent à l'oxygène activé dégagé par le phénomène de désaération pour donner de l'eau oxygénée (H_2O_2) qui assure une asepsie relative et une hémostase.

L'eau permet le déblaiement des débris de calculs et le refroidissement de la sonde échauffée par frottement.

1.3. Protocole d'Intervention

DENUZIERE, (29), en 1976, s'inspirant des techniques humaines, propose le protocole suivant :

L'animal, présenté à jeun au cas où une intervention avec anesthésie générale serait nécessaire, est simplement tranquilisé (acépromazine, kétamine, atropine).

Après avoir dégagé le pénis du fourreau, on introduit la sonde en maintenant, si possible, les calculs en place afin d'éviter le recul vers la vessie. Ceci n'est faisable que pour les calculs situés en arrière de l'os pénien ; toutefois nous pouvons envisager d'atteindre les calculs plus haut placés en utilisant une voie d'abord chirurgicale pour introduire la sonde.

Par des mises en service brèves et répétées (grâce à la pédale), on disloque les calculs jusqu'à cessation de la résistance à la pénétration de la sonde. On retire alors délicatement celle-ci et l'on observe une émission d'urine mêlée de débris. On vérifie alors la libération des voies urinaires par cathétérisation à l'aide d'une sonde souple qui permet ensuite d'injecter des substances antiseptiques, antiinflammatoires, antihémorragiques.

1.4. Contraintes Techniques

Le constructeur est soumis, lors de la réalisation, à un certain nombre de contraintes technologiques découlant directement de la physique des ultra-sons. Il nous a paru utile de les préciser, même si elles ne sont pas totalement de notre ressort. Ces données sont d'autant plus importantes qu'elles peuvent imposer une modification des mensurations de la sonde, voire une impossibilité de fabrication si elles sont en contradiction flagrante avec les données anatomiques.

Le transducteur comporte deux masses métalliques M_1 et M_2 (fig. 12). La masse M_1, importante, provoque une réflexion des ultra-sons et un phénomène d'interférences le long de la deuxième masse et de l'insert par superposition à leur niveau de l'onde directe et de l'onde réfléchie ; la vibration à l'extrémité de l'insert va donc dépendre de relations dictées par les lois sur les interférences.

La source S doit être placée à un nœud de vibrations et le bout de l'insert doit correspondre à un ventre. En conséquence, les longueurs L_1 et L_2 doivent vérifier la relation : $L = (2n + 1)\frac{\lambda}{4}$; (cf. fig. 12) n étant un nombre entier et λ étant la longueur d'onde des ultra-sons. La longueur de la sonde devra tenir compte de ce fait.

L'amplitude de la vibration à l'extrémité de l'insert est conditionnée par la relation $M_1 A_1 = (M_2 + m) A_2$; A_1 étant l'amplitude à l'extrémité de M_1 ; A_1 étant l'amplitude à l'extrémité de la sonde, m étant la masse de la sonde. M_1, M_2, A_1 sont fixés ; pour que A_2 soit maximum il faut que m soit minimum ; le constructeur devra avoir recours à des alliages légers.

Tout cela implique, d'une part, que la longueur définitive de la sonde sera fixée par le constructeur qui, seul, connaît la valeur exacte des différents paramètres et, d'autre part, que si la sonde dépasse une certaine taille, donc une certaine masse, elle rencontrera des problèmes de réalisation.

De plus, suivant la forme de la sonde, le mouvement obtenu à son extrémité sera différent. Une sonde droite vibre uniquement d'avant en arrière ; une sonde courbe voit son extrémité animée d'un mouvement complexe ; c'est le phénomène de fouet dans lequel la composante transversale de l'onde vibratoire prend le pas sur la composante longitudinale (fig. 13). Cette éventualité est à proscrire car elle diminue l'efficacité de la sonde et provoque des lésions de la muqueuse ; cela nous fera préférer une **sonde droite** et située dans le prolongement du transducteur.

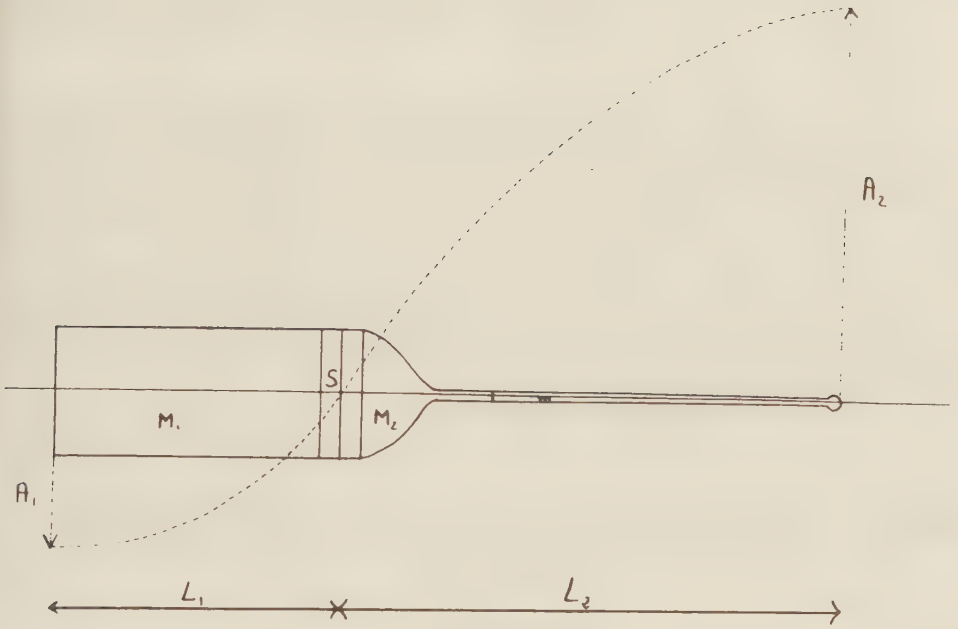


FIGURE N° 12

Diverses grandeurs intervenant dans le fonctionnement du transducteur et de l'insert (explications et légendes dans le texte).

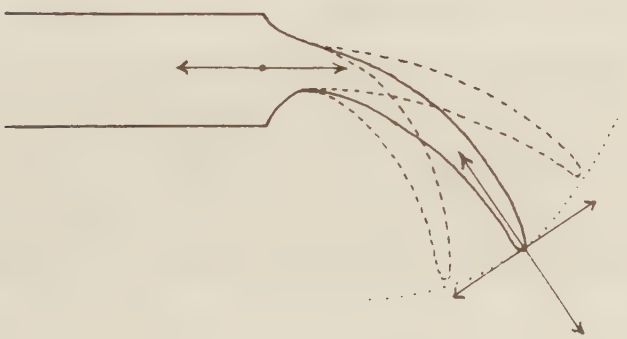


FIGURE N° 13

Le phénomène de fouet.

Il est possible, par ailleurs, de placer à l'extrémité de la sonde une petite boule appelée olive ; elle évite les traumatismes lors de l'introduction dans l'urètre et elle augmente, par sa masse, le «moment acoustique» de la sonde en accroissant, de ce fait, l'efficacité recherchée. Elle présente l'inconvénient de grossir considérablement le diamètre final.

Dernière possibilité technique : **la gaine** ; dans une sonde simple, le frottement sur la muqueuse urétrale produit un léger échauffement (c'est «l'effet de peau»). Afin d'eviter ce phénomène, le constructeur a envisagé la présence d'une gaine immobile à l'intérieur de laquelle vibrerait l'insert (cf. fig. 14). Ce dispositif n'est envisageable que pour des diamètres supérieurs à 3 mm ; de plus, l'extrémité de la sonde ainsi obtenue risque d'être traumatisante ; ajoutons à cela que la circulation d'eau diminue fortement l'échauffement et qu'une mise en service par périodes brèves le rend négligeable. Cet apport, superflu en définitive, méritait toutefois d'être signalé.

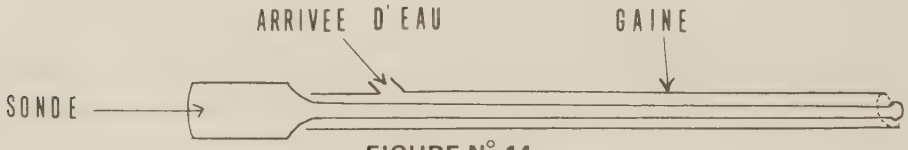


FIGURE N° 14

Projet de gaine.

2. DONNÉES ANATOMIQUES

2.1. Rappel Anatomique : l'Urètre

L'urètre est la portion de l'appareil uro-génital mâle qui commence au niveau du col de la vessie l'orifice urétral interne et s'achève à l'extrémité du pénis l'orifice urétral externe.

2.1.1. Conformation de l'Urètre

Il faut souligner ici une différence fondamentale entre chien et chat ; chez le premier, l'urètre, après avoir cheminé au-dessus de la symphyse pubienne, la contourne pour se diriger vers l'avant et le pénis s'attache le long de la paroi abdominale ; l'urètre a donc une forme de C ouvert vers l'avant de l'animal (fig. 15 Chez le chat, par contre, le conduit est grossièrement rectiligne et situé au-dessus de la symphyse pubienne, le pénis étant dirigé vers l'arrière et libre (fig. 16). Ce détail modifie totalement les possibilités d'introduction d'une sonde d'une espèce à l'autre.

2.1.2. Structure de l'Urètre

De l'extérieur vers l'intérieur, on distingue : la musculeuse, la sous-muqueuse et la muqueuse.

La Tunique musculeuse se différencie tout le long du trajet en donnant le «Muscle urétral», puis les «Muscles bulbo-spongieux», auxquels viennent se joindre les «Muscles ischio-caverneux» et le «Muscle rétracteur du pénis» (fig. 17, 19, 20, 21).

La Toile sous-muqueuse donne naissance au *Corps spongieux du pénis* puis au *Corps caverneux du pénis* qui, lui-même, s'ossifie pour donner *l'Os pénien.* Le Corps spongieux du pénis cède, quant à lui, la place à *la Partie longue du gland*, ces deux formations constituant les principaux tissus érectiles du pénis (fig. 17, 18, 19, 20, 21).

La Tunique muqueuse présente de nombreux plis longitudinaux qui disparaissent lorsque l'urètre est distendu. Au niveau de la prostate, où l'urètre a une section en U, on observe *la Crête urétrale* (qui ne disparaît jamais) au centre de laquelle débouchent *les Orifices éjaculateurs* et *l'Utérus masculin*, en un lieu nommé *Veru montanum.* De chaque côté débouchent *les Conduits prostatiques* dans *le Sinus prostatique* (fig. 22).

Chez le chat, il existe, outre la prostate, des glandes annexes dites *Glandes bulbo-urétrales.*

* *
*

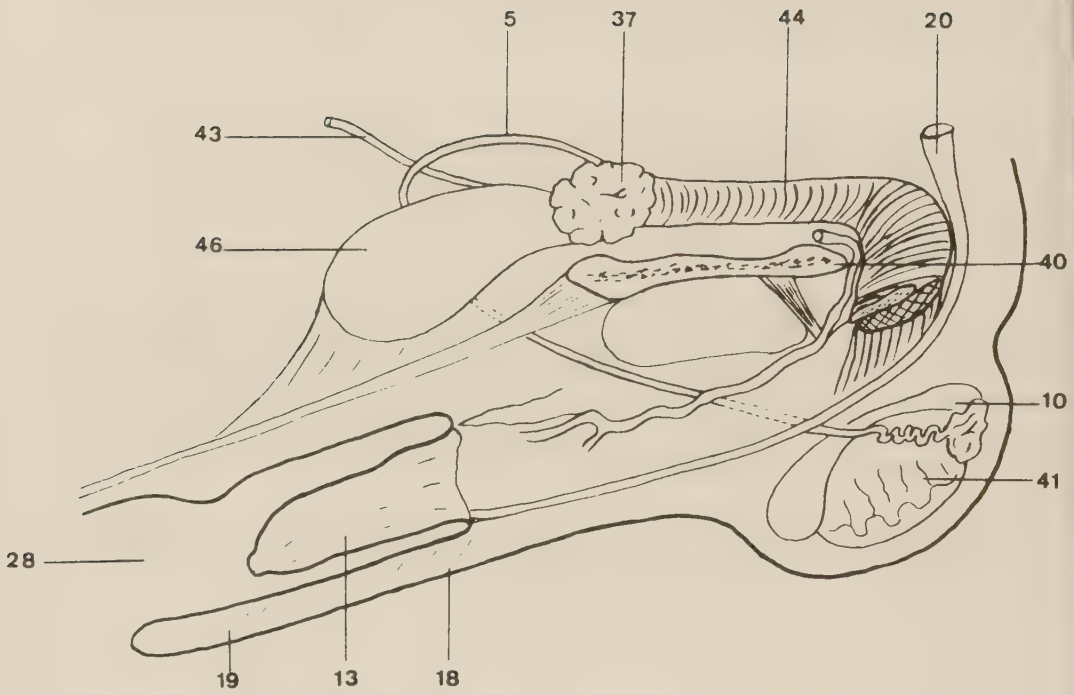


FIGURE N° 15 : Conformation de l'urètre chez le chien
- d'après PAVOT (62), en 1977 - Légendes page 33.

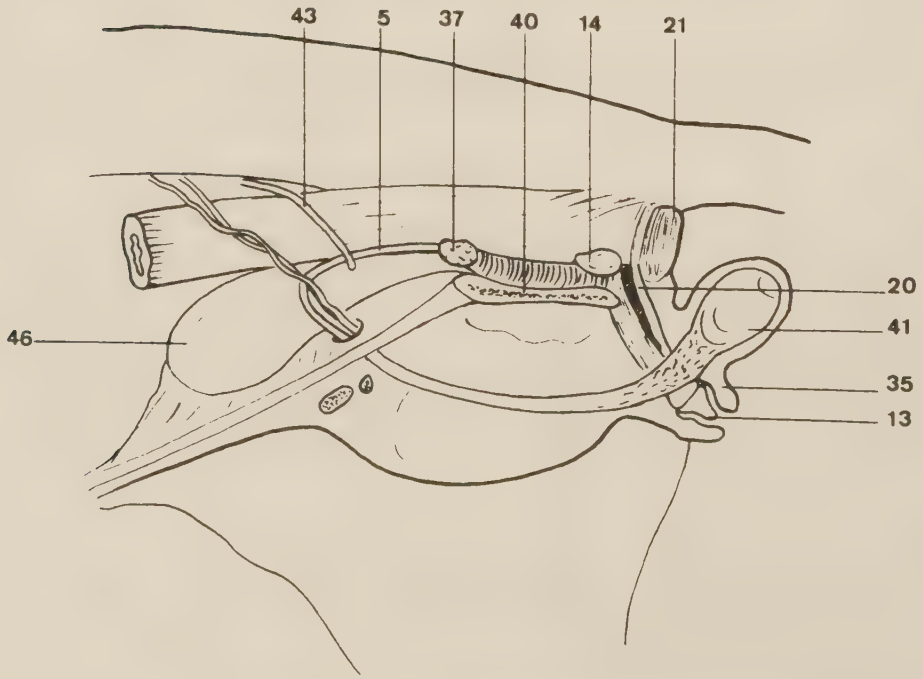


FIGURE N° 16 : Conformation de l'urètre chez le chat
- d'après PAVOT (62), en 1977 - Légendes page 33.

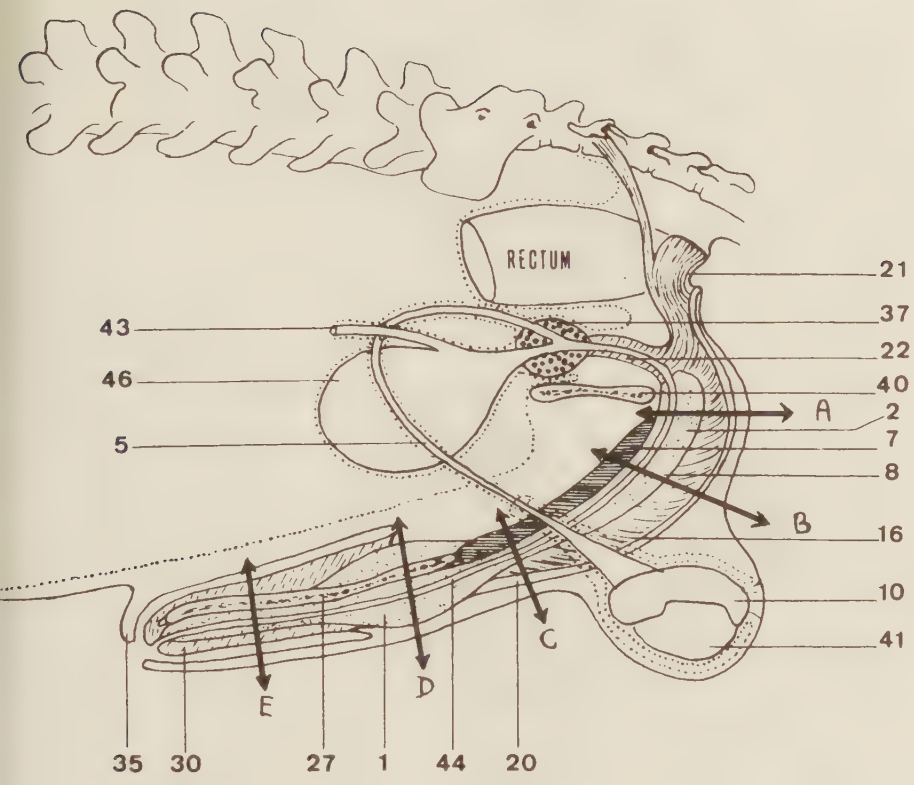


FIGURE N° 17 : L'Urètre du chien et ses annexes - d'après MILLER (58), en 1964 -
Légendes page 33.

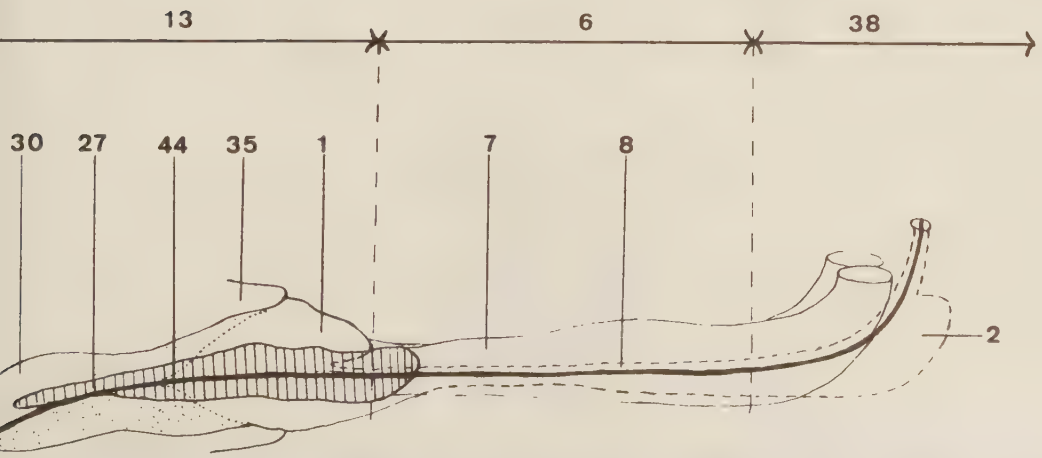


FIGURE N° 18 : Le Pénis du chien - d'après PIERARD (65), en 1972 -
Légendes page 33.

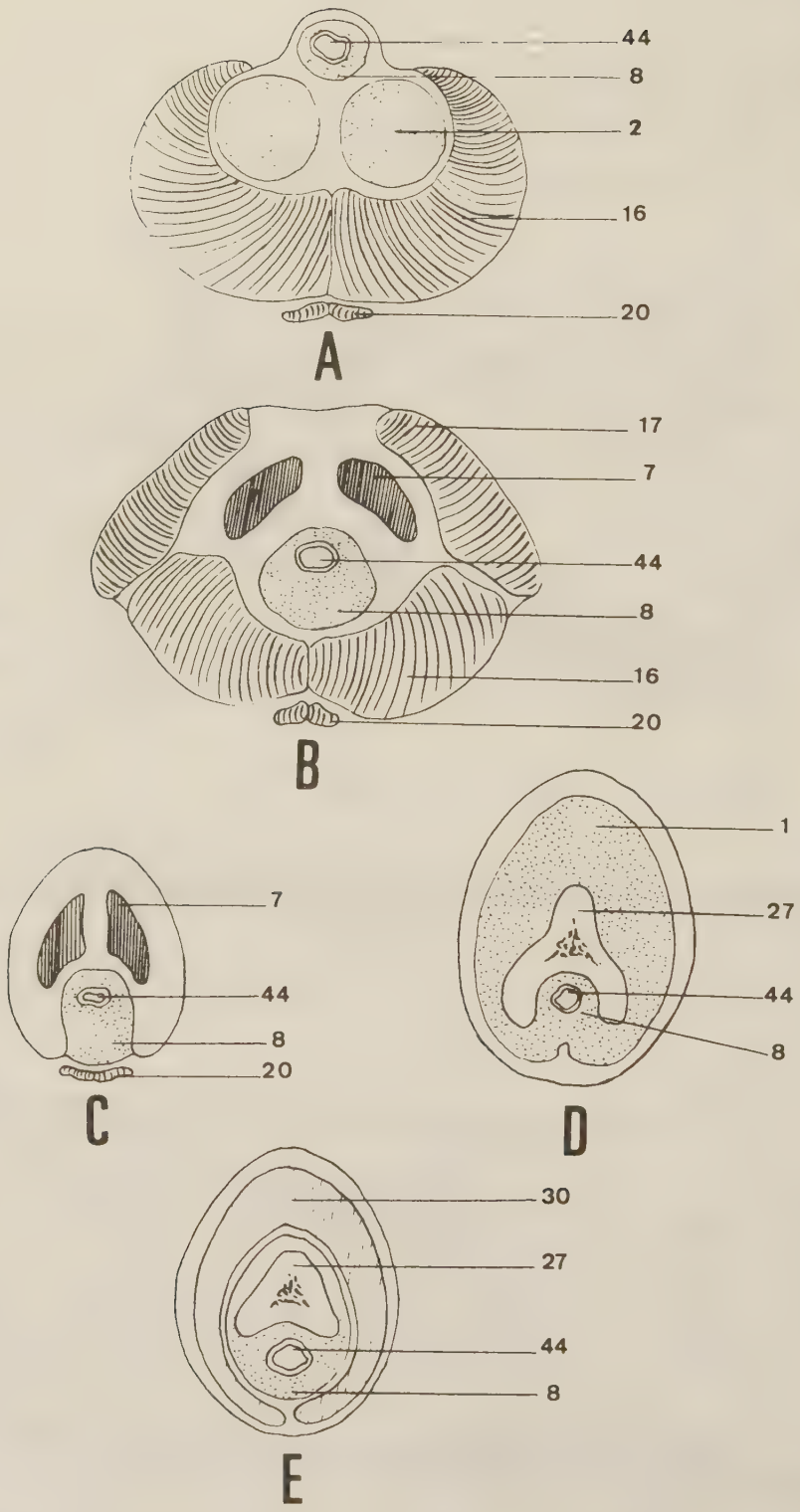


FIGURE N° 19 : Sections transversales de l'urètre du chien aux niveaux A, B, C, D, E, de la figure 17 - selon MILLER (58), en 1964 -

Légendes page 33.

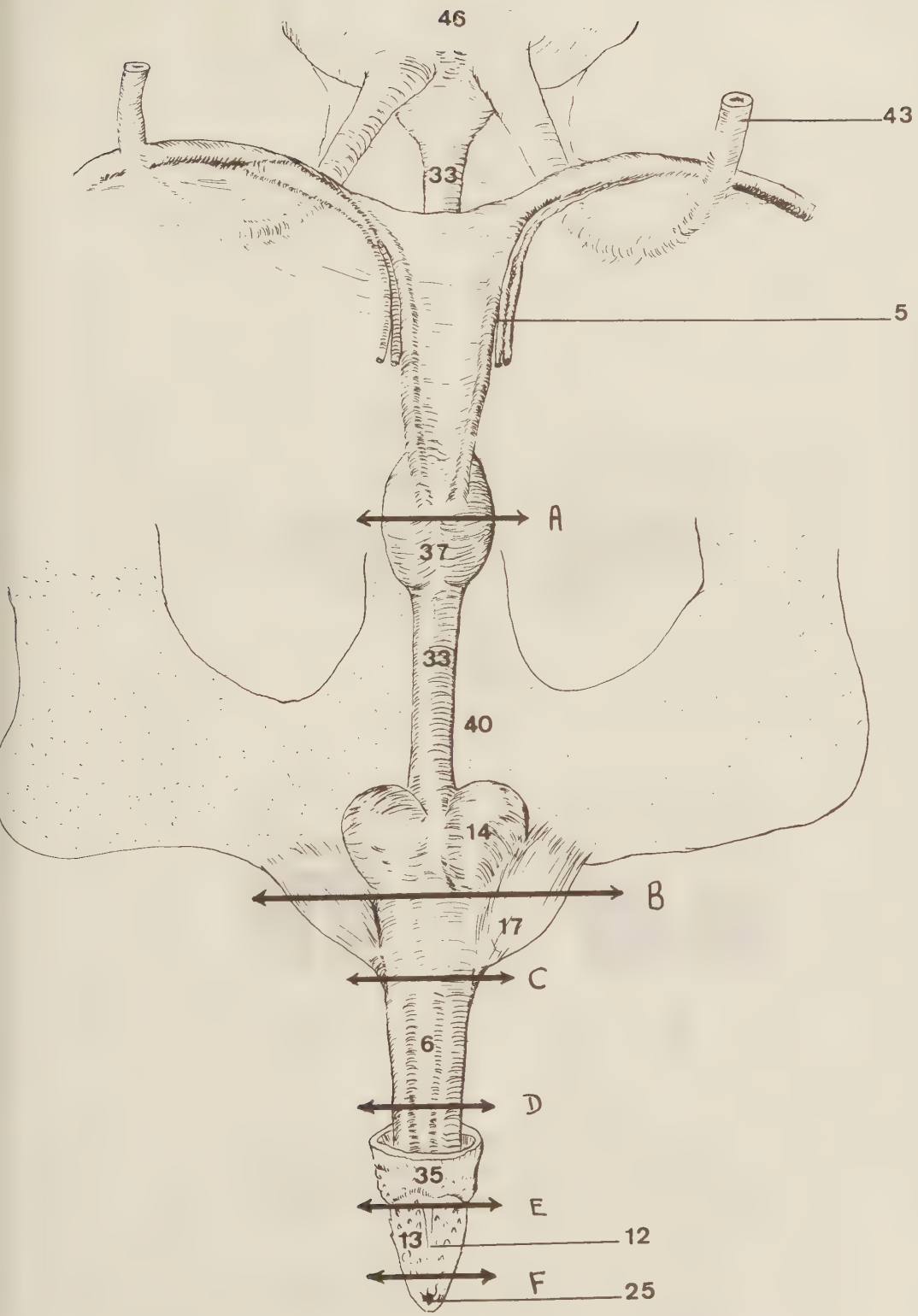


FIGURE N° 20 : Vue dorsale de l'urètre du chat - d'après CROUCH (27), en 1969 -
Légendes page 33.

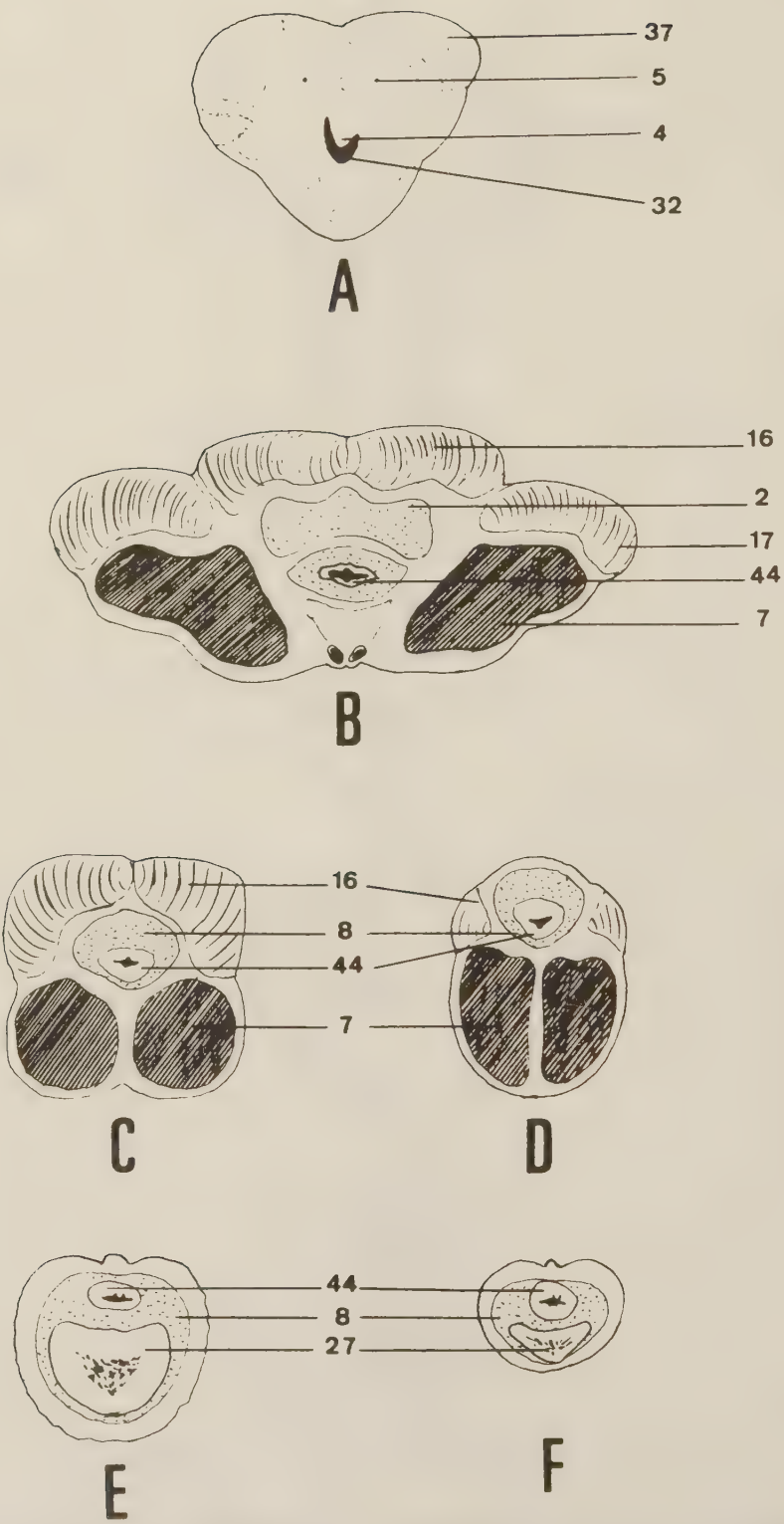


FIGURE N° 21 : Sections de l'urètre du chat aux niveaux A, B, C, D, E, F, de la figure 20 - d'après CROUCH (27), en 1969 -

Légendes page 33.

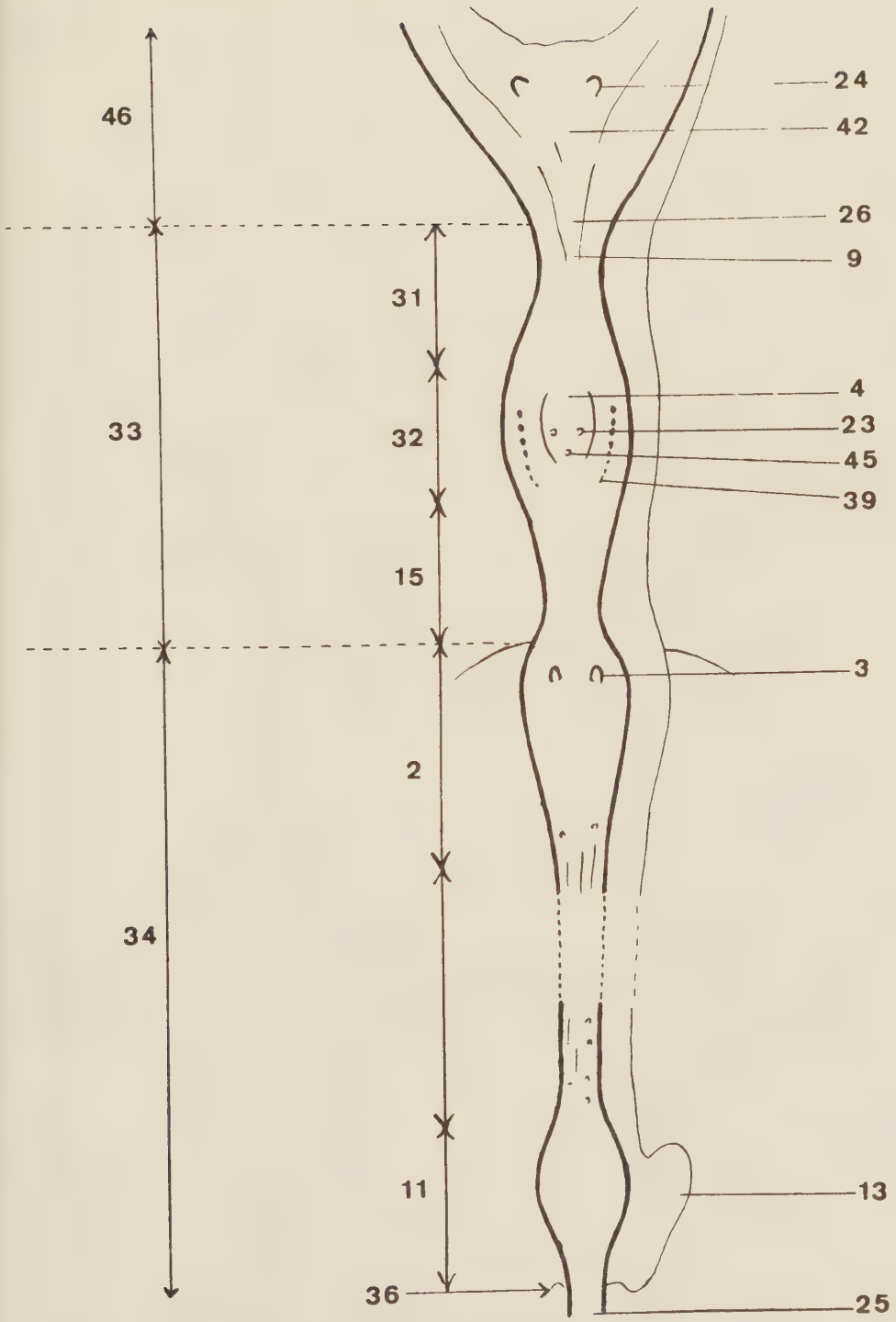


FIGURE N° 22 : Conformation interne de l'urètre - d'après PAVAUX (62), en 1977 -
Légendes page 33.

RÉPERTOIRE DES TERMES ANATOMIQUES SE RAPPORTANT AUX FIGURES 17 à 22

Numéros	Noms français nouveaux	Noms latins
1	Bulbe du gland	Bulbus glandis
2	Bulbe du pénis	Bulbus penis
3	Conduit de la glande bulbo-urétrale	Ductus glandulae bulbourethralis
4	Collicule séminal	Colliculus seminalis
5	Conduit déférent	Ductus deferens
6	Corps du pénis	Corpus penis
7	Corps caverneux du pénis	Corpus cavernosum penis
8	Corps spongieux du pénis	Corpus spongiosum penis
9	Crête urétrale	Crista urethralis
10	Epididyme	Epididymis
11	Fosse naviculaire de l'urètre	Fossa navicularis urethrae
12	Frein du prépuce	Frenulum preputii
13	Gland du pénis	Glans penis
14	Glande bulbo-urétrale	Glandula bulbourethralis
15	Isthme de l'urètre	Isthmus urethrae
16	M. bulbo-spongieux	M. bulbospongiosus
17	M. ischio-caverneux	M. ischiocavernosus
18	M. préputial caudal	M. preputialis caudalis
19	M. préputial crânial	M. preputialis cranialis
20	M. rétracteur du pénis	M. retractor penis
21	M. sphincter externe de l'anus	M. sphincter ani externus
22	M. urétral	M. urethralis
23	Orifice éjaculateur	Ostium ejaculatorium
24	Orifice uretéral	Ostium ureteris
25	Orifice urétral externe	Ostium urethrae externum
26	Orifice urétral interne	Ostium urethrae internum
27	Os pénien	Os penis
28	Ostium préputial	Ostium preputiale
29	Partie libre du pénis	Pars libera penis
30	Partie longue du gland	Pars longa glandis
31	Partie préprostatique de l'urètre	Pars preprostatica urethrae
32	Partie prostatique de l'urètre	Pars prostatica urethrae
33	Partie membranacée de l'urètre	Pars membranacea urethrae
34	Partie spongieuse de l'urètre	Pars spongiosa urethrae
35	Prépuce du pénis	Preputium penis
36	Processus urétral	Processus urethrae
37	Prostate	Prostata
38	Racine du pénis	Radix penis
39	Sinus prostatique	Sinus prostaticus
40	Symphyse pelvienne	Symphysis pelvina
41	Testicule	Testis
42	Trigone vésical	Trigonum vésicae
43	Uretère	Ureter
44	Urètre masculin	Urethra masculina
45	Utérus masculin (Utricule prostatique)	Utérus masculinus
46	Vessie urinaire	Vesica urinaria

2.1.3. L'Os Pénien

L'Os pénien, constitue chez le chien, une particularité dont nous nous devons de souligner l'importance. Cette ossification du Corps caverneux du pénis est présente chez de nombreux mammifères et particulièrement développée chez les Carnivores ; DIDIER (31), en 1946, en a fait, par ses études, un élément de classification des divers genres de Canidés. En ce qui concerne le Chien, il considère comme impossible de décrire un prototype de cet os, étant donné la diversité des races et le nombre des croisements (fig. 23).

BOURDELLE et BRESSOU (11), en1953, donne toutefois quelques caractères généraux de cet organe, qui confère une rigidité supplémentaire au gland (fig. 24). L'os est grossièrement trifacié ; les faces latérales convergent vers un bord supérieur épais et arrondi ; la face inférieure comporte une large gouttière contenant l'urètre. Cette gouttière, très accusée vers l'arrière, se rétrécit vers le milieu de l'os et s'évase ensuite pour disparaître à son extrémité qui comporte une pointe fibreuse.

SISSON et GROSSMAN (77), en 1953, lui attribuent une longueur de 10 cm chez les chiens de grande taille (cf. fig. 23). Il est facile d'imaginer que cet attribut constitue le principal obstacle à l'introduction d'une sonde chez le chien ; il trouvera, par conséquent, toujours place au centre de nos études.

Chez le chat, l'os pénien est beaucoup plus réduit (5 mm maximum) et n'enserre pas l'urètre, son influence est donc nulle dans les cathétérismes chez cet animal.

2.2. Les Animaux Etudiés

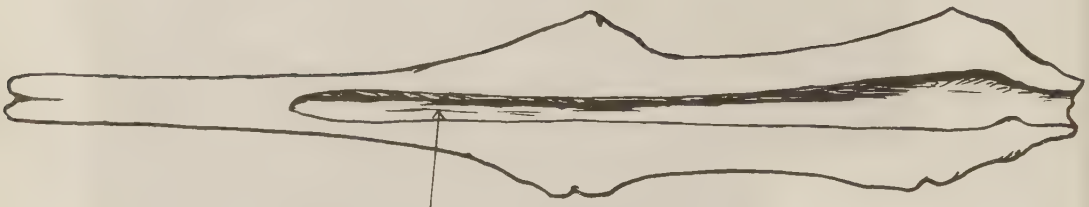
Nous avons sélectionné, pour nos expériences, des cadavres d'animaux morts à l'Ecole Vétérinaire de Toulouse et ne présentant ni lésions, ni anomalies de l'appareil génito-urinaire. Nous avons choisi, pour nos moulages, huit chiens de races et d'âges aussi divers que possible. Un seul chat fut utilisé auquel fut attribué le n°6 ; les variations dans cette espèce étant faibles, nous n'avons pas jugé utile de multiplier les expériences à son sujet. Les animaux ont été regroupés dans un tableau (page 37).

FIGURE N° 23

Hétérogénéité de taille et d'aspect de l'os pénien chez le chien adulte en fonction des races.
A — Os pénien de «Montagne des Pyrénées» (6 ans)
B — Os pénien de «Berger Allemand» (4 ans $\frac{1}{2}$)
C — Os pénien de «Teckel nain» (3 ans)

ASPECT LATERAL GAUCHE

ASPECT VENTRAL



SECTION TRANSVERSALE DU GLAND

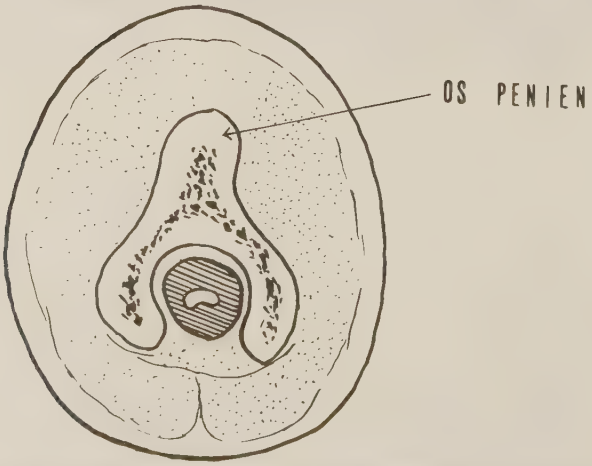


FIGURE N° 24 : Caractères généraux de l'os pénien chez le chien.
Face externe.
Face interne.
Coupe transversale.

	Race	Age
n° 1	Epagneul breton	3 ans
n° 2	Montagne des Pyrénées	6 ans
n° 3	Berger allemand	4 ans $\frac{1}{2}$
n° 4	Berger allemand	3 ans
n° 5	Spitz nain	1 an $\frac{1}{2}$
n° 6	Européenne (chat)	-
n° 7	Braque	5 ans
n° 8	Braque	1 an
n° 9	Teckel nain	3 ans

La radiographie a été effectuée sur un Epagneul breton de 3 ans environ (âge estimé à l'usure des dents). Nous avons ensuite disséqué les voies urinaires de ce même chien.

2.3. Manipulations

Nous avons eu recours à cinq techniques différentes pour évaluer la taille et la forme à donner à nos sondes : moulages, étude des sondes souples, radiographies, dissection, relevé morphologique des os péniens.

2.3.1. Moulages

Le meilleur moyen, pour connaître la morphologie et surtout les dimensions du conduit de l'urètre, est d'en faire un moulage interne à l'aide d'une résine autopolymérisable.

Sur les neuf sujets retenus pour cette expérience, nous avons isolé l'appareil génito-urinaire depuis l'extrémité du pénis jusqu'à la vessie en ayant soin de garder intacts les deux uretères sur au moins deux centimètres au-delà de leur abouchement à la vessie ; le bassin était scié de part et d'autre de la symphyse pelvienne, laquelle restait attachée, après isolement, à la masse de l'appareil uro-génital. Il était important de ne pratiquer aucune solution de continuité sur tout le trajet de l'urètre. L'ensemble, ainsi détaché, était ensuite replacé dans sa position naturelle ; une conservation en chambre froide était possible, mais il était préférable de l'utiliser le plus rapidement possible, afin de ne pas risquer une modification des caractéristiques tissulaires ; on sait que cela fausse régulièrement les résultats.

La résine utilisée est une résine polyester (STRATYL 108 CCL), à laquelle était ajouté, au moment de l'opération, un catalyseur accompagné d'un accélérateur (en faible quantité afin de ne pas risquer une prise trop rapide qui bloque-

rait la seringue à injection) et d'un colorant permettant de mieux visualiser le moulage ; cela fut fort utile au moment de l'isolement. Un liquide pâteux était ainsi obtenu.

Ce liquide était injecté par l'un des uretères, à l'aide d'une canule fixée au conduit par une ligature. La ligature de l'autre uretère se révélait inutile, du fait de son débouché valvulé empêchant le reflux des liquides de la vessie vers le rein ; la résine était chassée vers l'urètre par massage ; après l'expulsion de l'urine résiduelle, le colorant apparaissait à l'extrémité du gland, qui était alors obstruée à l'aide d'une pince à hémostase ; l'injection était alors poursuivie jusqu'à l'obtention d'un gonflement total de la vessie (si celle-ci était trop grosse, il était possible de placer une ligature en arrière des uretères afin de diminuer la quantité de résine à utiliser). La pression à l'intérieur du conduit devait être importante, afin de donner une idée exacte des possibilités de dilatation de l'urètre, en veillant toutefois à éviter l'éclatement.

L'ensemble était alors abandonné durant vingt quatre heures, à température ambiante, pour obtenir la polymérisation de la résine qui doit être d'une dureté parfaite pour faciliter l'opération suivante. Celle-ci consistait à retirer délicatement tous les tissus mous pour ne garder que le moulage interne de l'urètre et l'os pénien ; cette dernière phase se révélait fort délicate et imposait une grande douceur dans les manipulations, afin de ne pas entailler la résine ni briser le moulage, assez fragile. Un scalpel bien affûté et une paire de pinces à dents-de-souris étaient indispensables.

Sur les moulages obtenus (fig. 25) nous avons fait deux types de mesures ; d'une part, nous avons déterminé la longueur de l'urètre depuis l'extrémité du pénis jusqu'à la portion située en arrière de l'os pénien ; c'est là en effet, que se trouvent les calculs ; cette longueur «L», déterminera celle de la sonde. D'autre part, nous avons étudié le diamètre de l'urètre sur tout son trajet ; celui-ci s'est relevé minimal au niveau de l'os pénien ; en ce point le diamètre «D» conditionnera celui de la sonde.

Les résultats sont consignés dans le tableau de la figure 26 où l'on peut d'emblée constater la disparité des valeurs qui s'échelonnent de 5,5 à 16 cm pour «L» et de 2 à 4 mm pour «D». Il est d'ores et déjà évident que plusieurs sondes devront être réalisées. Ces données seront analysées ultérieurement plus en détails (§ 3.).

2.3.2. Etude des Sondes Souples

Nous nous sommes intéressés aux diamètres des sondes souples utilisées couramment en médecine vétérinaire. Les calibres de ces sondes, pour le chien, vont des numéros 4F à 10F, soit des diamètres de 1,3 à 3,3 mm (l'unité «F» équivaut à 1/3 mm) ; pour le chat, il faut se contenter de 3 à 5F, soit 1 à 1,7 mm. Ces valeurs s'inscrivent dans la fourchette de nos résultats sur moulages et nos sondes devront les respecter.

FIGURE N° 25 : Un exemple des moulages obtenus : en haut chez le chien, en bas chez le chat.
V — Vessie urinaire
P — Os pénien

Nos	Longueur «L» de la pointe du gland à la base de l'os pénien	Longueur «l» de la base à la pointe de l'os pénien	Diamètre minimal de l'urètre («D»)	Position de l'étranglement sur l'os pénien
1	10 cm	9 cm	2,5 mm	A
2	16 cm	14,5 cm	4 mm	A
3	12,5 cm	11,5 cm	3,5 mm	A
4	12 cm	11 cm	4 mm	B
5	7 cm	6 cm	2 mm	C
7	11,5 cm	10,5 cm	3 mm	D
8	10 cm	9 cm	3,5 mm	D
9	5,5 cm	4,5 cm	2 mm	B
Pour le chat n° 6, la longueur de l'extrémité du pénis à la vessie est de 8 cm et le diamètre minimal est de 1,5 mm.				

FIGURE N° 26

Tableau récapitulatif des résultats obtenus

2.3.3. Les Radiographies

Afin d'avoir confirmation de la topographie de l'urètre en place dans l'abdomen du chien, nous avons injecté, à l'aide d'une sonde souple, un produit radiopaque dans la vessie du sujet choisi et nous avons ensuite réparti la substance tout au long du trajet urétral. Nous avons ainsi visualisé l'aspect en C ouvert vers l'avant du conduit (fig. 27). Nous avons également constaté que sa portion terminale, jusqu'à la courbure ischiale, est rectiligne et permet l'introduction sans problème d'une sonde droite et rigide. La consultation de radiologies pathologiques (66), nous a confirmé la localisation préférentielle des calculs.

2.3.4. Dissection

La dissection de l'urètre et son ouverture tout le long de son trajet nous a permis d'observer les structures décrites antérieurement et de constater l'aspect plissé de la muqueuse et la grande dilatabilité des parois du conduit (fig. 28).

2.3.5. Les Os péniens

Sur tous les sujets soumis au moulage, nous nous sommes ensuite intéressés à cet organe qui constitue, nous l'avons vu, le principal obstacle à l'introduction d'une sonde. Après en avoir mesuré la longueur («l»), nous avons déterminé sur chacun des huit os, le point le plus resserré de la gouttière. Nous avons constaté que cet endroit varie avec les sujets ; nous avons pu désigner quatre localisations repérées par les lettres «A», «B», «C», «D». Les résultats obtenus ont été reportés sur le tableau de la figure 26.

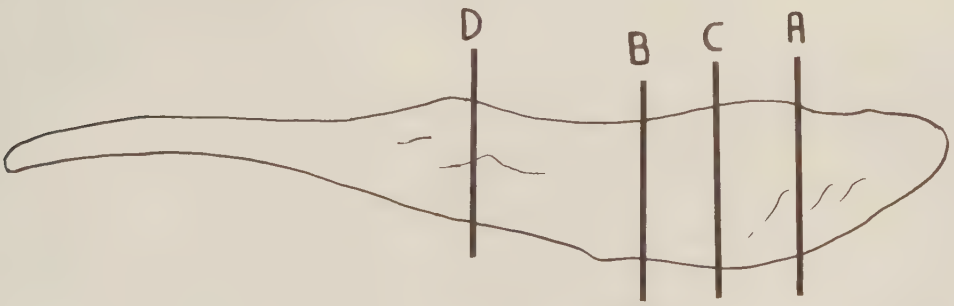


FIGURE N° 29

Localisation des points A, B, C, D, sur l'os pénien.

Nous avons ensuite sectionné transversalement chaque os en son point le plus resserré pour déterminer le diamètre de l'urètre à son niveau (cf. fig. 26 diamètre «D») ; cela nous a permis de constater à nouveau une grande hétérogénéité suivant les races et la difficulté de trouver, pour les sondes, un diamètre correct.

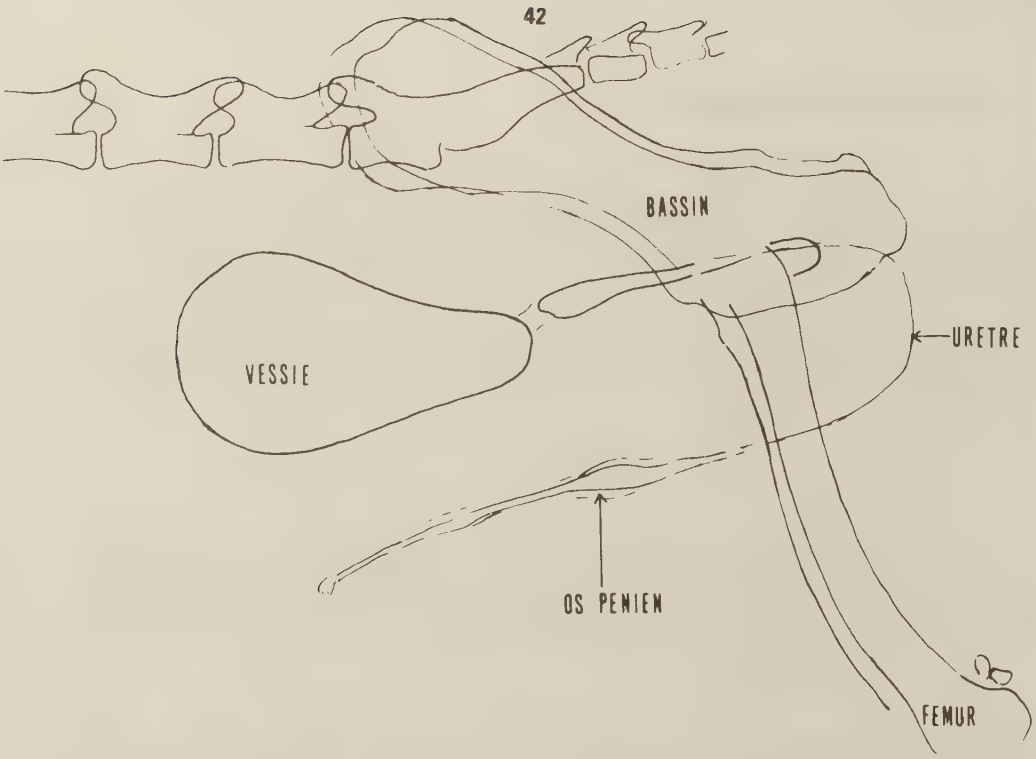


FIGURE N° 27 : Radiographie de l'urètre chez le chien et son interprétation (Epagneul breton).

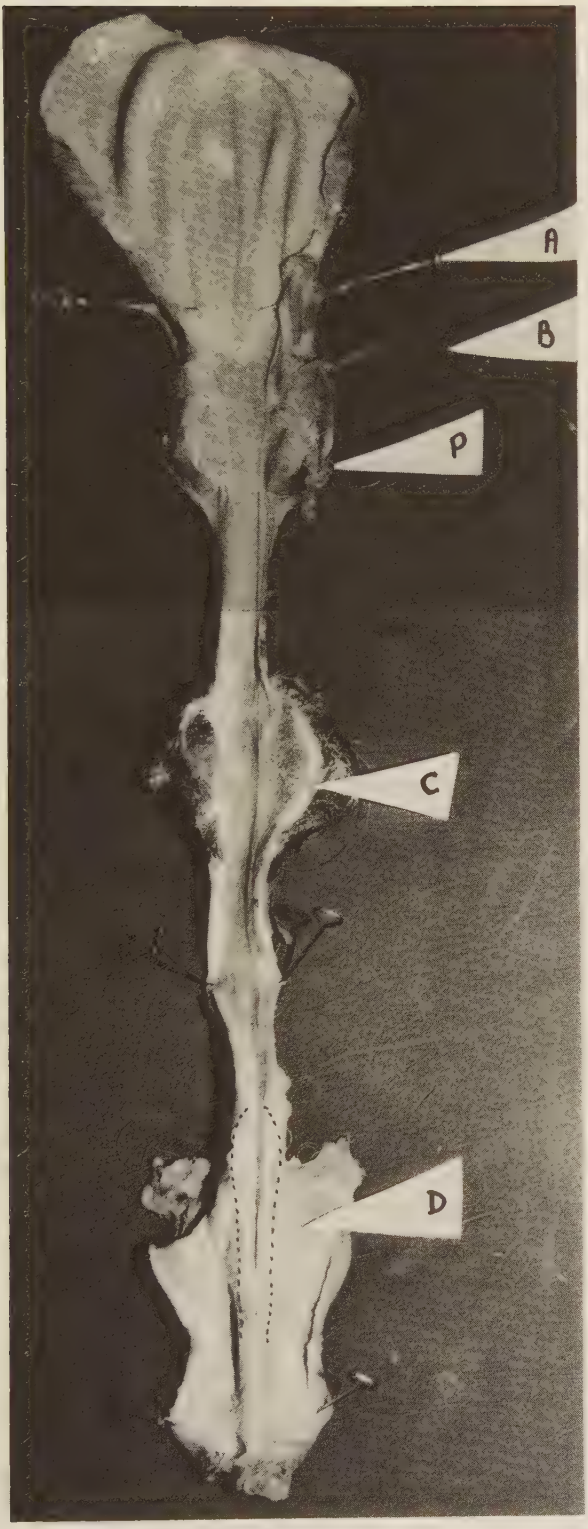


FIGURE N° 28 : Dissection de l'urètre du chien (Epagneul breton)
A — débouché des uretères B — conduits déférents
P — prostate C — bulbe de l'urètre
D — bulbe du gland et os pénien en pointillés.

3. COMMENTAIRES ET DISCUSSION : LES SONDES

Les données recueillies et les travaux qui les ont accompagnées nous ont permis d'aboutir à la conception de plusieurs sondes qui répondent aux critères désirés.

Les sondes doivent être droites et situées dans le prolongement du transducteur en vertu de l'anatomie de l'urètre, de la localisation des calculs, et des contraintes technologiques, tous ces facteurs ayant été envisagés antérieurement. Elles seront pourvues d'olives dans la mesure où leur taille le permet.

3.1. Chez le Chien

Les variations de tailles en fonction des races nous ont fait abandonner l'idée d'une sonde unique dont la largeur, démesurée par rapport au diamètre, l'aurait rendue fragile et quasiment inutilisable. C'est pourquoi, en nous reportant au tableau de la fig. 26, nous avons déterminé trois classes :

- grandes races : n° 2, 3, 4
- races moyennes : n° 1, 7, 8
- petites races : n° 5 et 9

Dans chaque catégorie nous avons choisi, pour la sonde, une longueur permettant d'atteindre les calculs situés en arrière de l'os pénien du sujet le plus grand (soit L + 3 cm environ) avec un diamètre permettant de pénétrer sans problème l'urètre du chien le plus petit, en veillant à ce que le passage d'une catégorie à l'autre se fasse sans rupture importante.

Les sondes ainsi obtenues avaient les caractéristiques suivantes :

Catégorie	Longueur	Diamètre
Grandes races	19 cm	3,3 mm
Races moyennes	15 cm	2,3 mm
Petites races	10 cm	1,5 mm

Les mensurations décrites ci-dessus sont celles de sondes idéales dictées par l'anatomie. La technologie pourra imposer quelques modifications ; dans ce cas le constructeur ne devra pas ignorer que les longueurs sont des minima et les diamètres sont des maxima ; sous aucun prétexte il ne faudra diminuer la longueur ou augmenter le diamètre sous peine de rendre la sonde inadaptée à

certains animaux. L'ensemble des sondes ainsi conçu permet en effet de traiter n'importe quel chien du Caniche nain au Saint-Bernard (cf. fig. 30).

3.2. Chez le Chat

Ici encore, la sonde sera droite, mais le petit diamètre interdit la présence d'une olive terminale. La longueur, ici peu importante, sera au minimum de 8 cm ; le diamètre sera de 1 mm (cf. fig. 30).

Toutes ces sondes seront percées en leur centre d'un canal permettant l'arrivée d'eau.

La figure 31 nous montre deux des modèles réalisés : la sonde pour petits chiens et celle pour chat. On remarquera que la seconde est courbe car le constructeur a pensé que cette forme serait plus facile à utiliser. Seule la portion droite est introduite dans l'urètre et cette courbure expérimentale sera supprimée ultérieurement car elle n'apporte rien. Les deux grands modèles n'ont pu être actuellement réalisés car leur poids pose des problèmes d'alliages métalliques plus difficiles à résoudre. Ils sont actuellement à l'étude.

3.3. Utilisation des Sondes

Chez le chien, ces sondes trouvent toute leur application lorsque les calculs sont situés en arrière de l'os pénien, ce qui constitue la majorité des cas. Si un grand nombre d'urolithes empêche leur élimination en une seule fois, on pourra renouveler l'opération en laissant aux plus éloignés le temps de progresser. Si les calculs sont situés au niveau de la prostate ou de la vessie, il est envisageable de les atteindre, avec ces mêmes sondes, à la faveur d'une urétrotomie périnéale. Toutefois, dans ce cas, les défauts de l'intervention chirurgicale resurgissent (anesthésie, choc) ; de plus, les calculs doivent être en contact intime avec la sonde ; si ceci est possible lorsque les concrétions sont dans l'urètre prostatique, le problème se complique fortement quand la vessie est concernée car il serait nécessaire d'adjoindre à une recherche par l'extrémité de la sonde une contention transabdominale de la vessie et des calculs, opération difficile et aléatoire.

Chez le chat, la rectitude de l'appareil uro-génital en position de sondage permet d'atteindre sans problème la prostate.

* *
*

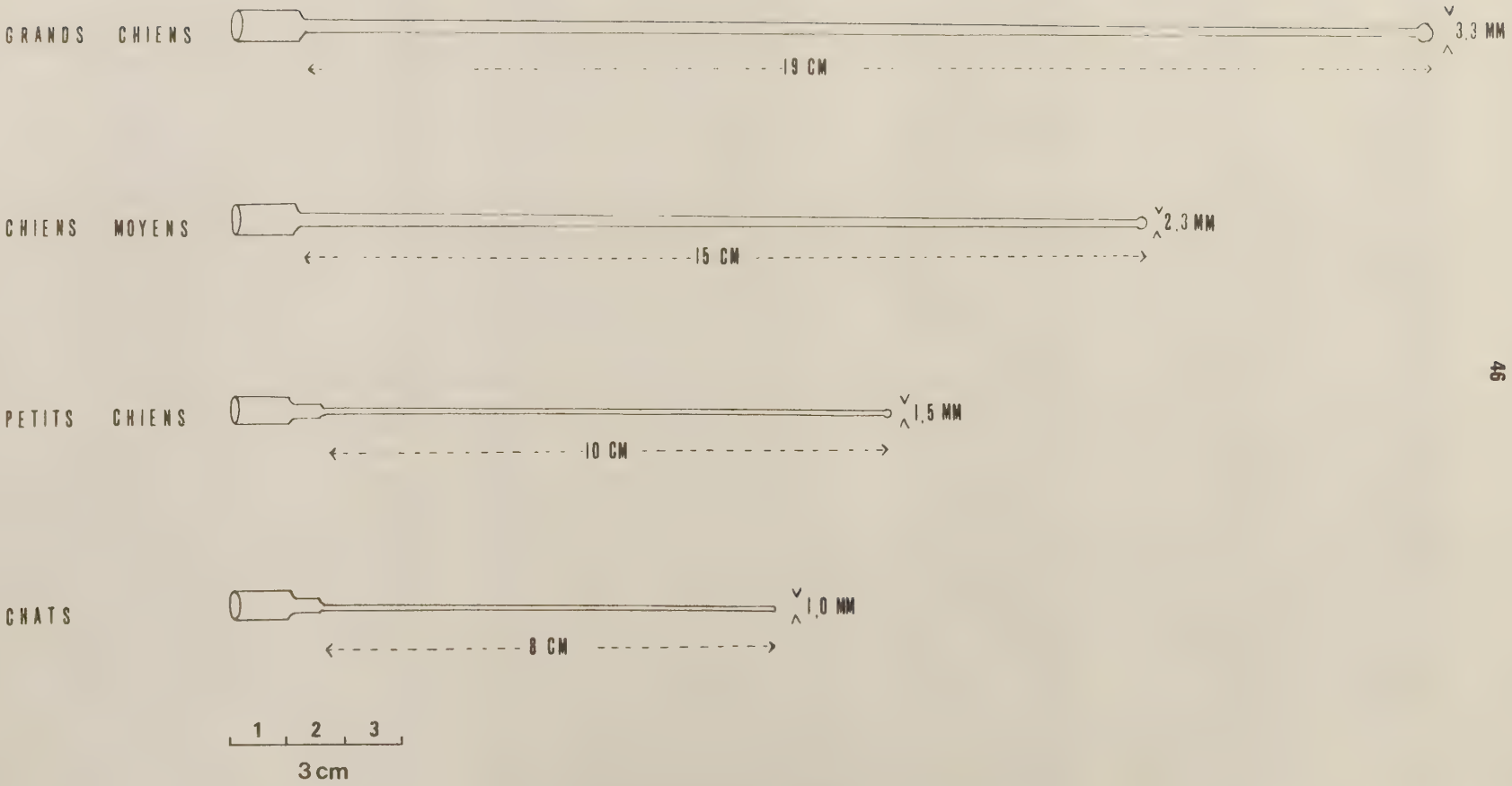


FIGURE N° 30 : Les différentes sondes.

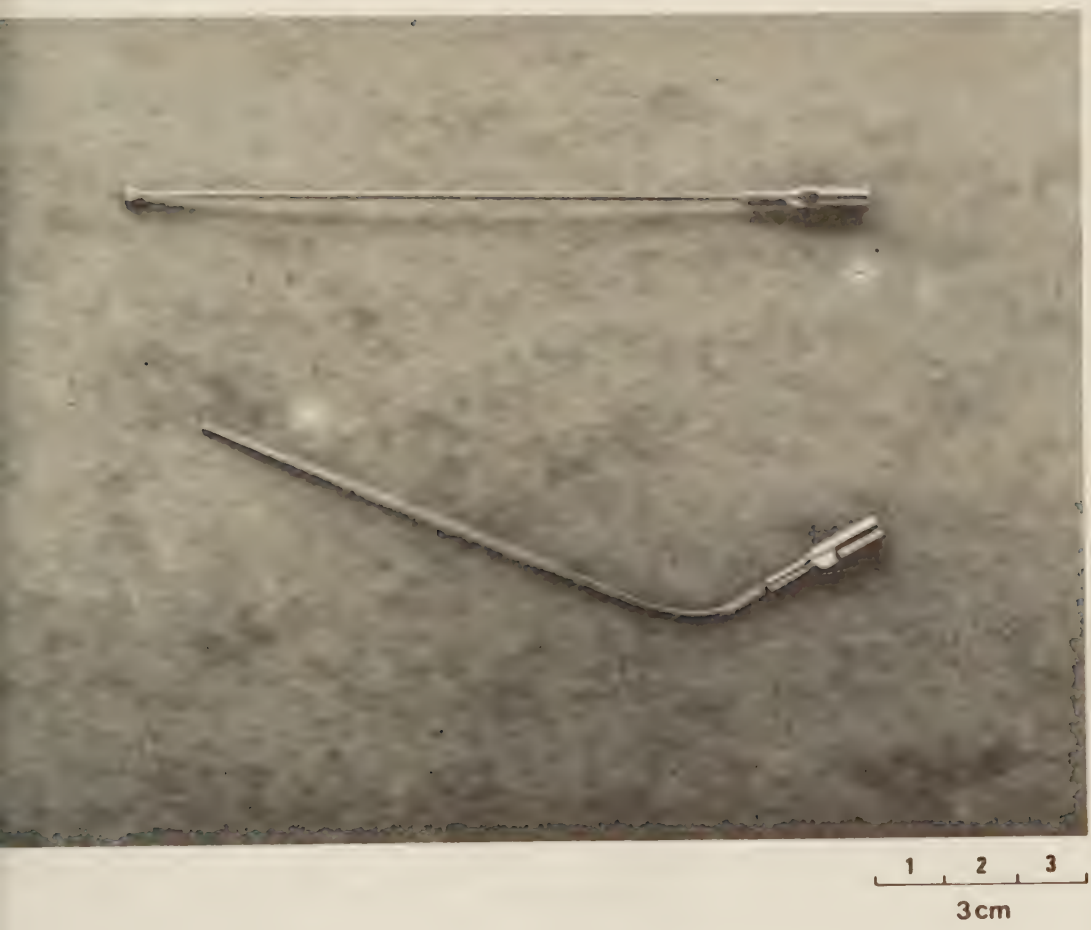


FIGURE N° 31 : Deux sondes réalisées : pour petits chiens et chats.

CONCLUSIONS

L'étude de l'anatomie urétrale des chiens et des chats nous a permis d'aboutir à la conception de quatre sondes à lithotritie ultrasonique dont deux sont d'ores et déjà réalisées et commercialisées. Il reste encore beaucoup à faire dans le domaine des ultra-sons en urologie vétérinaire ; mais il ne fait aucun doute que, les progrés de la technologie aidant, la lithotritie ultrasonique est promise à un grand avenir. Cette technique, qui fait appel à un appareillage et à une manipulation fort simples, devrait pouvoir entrer rapidement dans la pratique courante ; elle allie à une innocuité totale une efficacité qui ne fera que grandir à mesure que les études se multiplieront, tant sur le matériel que sur son utilisation.

* *
*

Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire
rapporteur

rofesseur Cl. PAVAUX

Vu : Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire

Professeur R. LAUTIE

Le Président de la Thèse

ofesseur G. BASTIDE

VU ET PERMIS D'IMPRIMER
Toulouse, le 23 AVR. 1980
P/ LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE PAUL SABATIER, et par délégation
LE VICE-PRESIDENT,

Professeur L. LARENG

BIBLIOGRAPHIE

1 - ANNIS (J.R.) & ALLEN (A.R.).

Atlas de chirurgie canine. - Paris : Vigot Frères, 1976.

2 - APPLEMAN (R.M.), HALLENBECK (G.A.), SHORTER (R.G.).

Effect of reciprocal allogenic renal transplantation between Dalmatian and non Dalmatian dogs on urinary excretion of uric acid. - Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 1966, **121**, 1084.

3 - ARCHIBALD (J.).

L'appareil urinaire (Chirurgie canine). - Paris : Vigot Frères, 1973.

4 - ARDAILLOU (R.).

Physiopathologie de la lithiase urinaire. - G.M. De France, 1972, **79**, 947.

5 - BENASSAG (E.) & THOMAS (Y.).

L'apport d'un antiinflammatoire dans la lithiase urinaire. - Thérapie, 1970, **25**, 1047.

6 - BERNARD (A.).

Etude physique et mécanique de l'utilisation des ultra-sons dans le descellement des prothèses métalliques fixes. - Thèse : chir. dent. : Bordeaux : 1976.

7 - BIQUARD (P.).

Les ultra-sons. - Paris : Presses Universitaires de France, 1972.

8 - BLAKE (J.A.).

Perineal uretrostomy in cats. - J.A.V.M.A., 1968, **152**, 1499.

9 - BORDET (R.) & Coll.

Quelques aspects particuliers de la chirurgie urinaire du chat. - Actes de la conférence nationale des vétérinaires spécialistes des petits animaux., 1962, 4ème trimestre.

10 - BOURDAIN (P.).

Les ultra-sons et leur application en odonto-stomatologie. - Thèse : chir. dent. : Nancy, 1974.

11 - BOURDELLE (E.) & BRESSOU (C.).

Anatomie régionale des animaux domestiques, tome IV, chien et chat. - Paris : J.B. Baillière et fils, 1953.

12 - BRION (A.).

Cystinurie chez le chien. - Bull. Acad. Vét., 1935, 8.

13 - BUSNEL (R.G.) & DZIEDIC (A.).

Résultats métrologiques expérimentaux de l'écholocation chez «Phocaena Phocaena» et leur comparaison avec ceux de certaines chauves-souris. - Cours d'été de l'OTAN : Les systèmes sonar des animaux, biologie et bionique, tome I, R.G. Busnel édit ; 1966, 307.

14 - CARBONE (M.G.).

Perineal uretrostomy to relieve uretral obstruction in the male cat. - J.A.V.M.A., 1963, **143**, 34.

15 - CARBONE (M.G.).

Perineal uretrostomy in the male cat, a report of twenty cases. - J.A.V.M.A., 1965, **146**, 843.

16 - CARBONE (M.G.).

Phosphocristalluria and uretral obstruction in the cat. - J.A.V.M.A., 1965, **147**, 1195.

17 - CARBONE (M.G.).

A modified technique for perineal uretrostomy in the male cat. - J.A.V.M.A., 1967, **151**, 301.

18 - CHRISTENSEN (N.R.).

Preputial uretrostomy in the male cat. - J.A.V.M.A., 1964, **145**, 903.

19 - CHANTREL (P.).

Contribution à l'étude de l'urolithiase chez les carnivores, essai de traitement. - Thèse : Méd. Vét. : Alfort : 1974.

20 - CHARBONNIER (A.) & SCHULLER (C.).

Quelques notions générales élémentaires sur les ultra-sons. - Informations médicales mensuelles, 1974, II, n° **6**, 765.

21 - CHATEAU (A.).

Quelques applications récentes en ultrasonothérapie ; les algies des amputés. - J. Radiol. Electrol. Franc., 1951, **32**, n° 5-6, 513.

22 - CLARK (W.T.).

Urolithiasis in dog : IV, diagnosis. - J. Small. An. Pract., 1966, **7**, 533.

23 - COATS (C.E.).

Application of ultrasonic energy to urinary and biliary calculi. - J. Urology., 1956, **75**, 865.

24 - CORNELIUS (C.E.) & BISHOP (J.A.) & SCHAFFER (M.H.).

Aquantitative study of amino-acidurie in Dachshund with a hystory of cystine urolithiasis. - Cornell. Vet., 1967, **57**, 177.

25 - COTTET (J.).

Lithiases urinaires ; Encyclopédie médicochirurgicale. - Paris : 1ère édition, 1970, CI 18104 A20.

26 - CRAWFORD (A.E.).

Technique des ultra-sons. - Paris : Dunod, 1959.

27 - CROUCH (J.E.).

Text atlas of cat anatomy. - Philadelphia, 1969.

28 - DENIER (H.).

Essai de détection de masses tumorales du cerveau par ultra-sons. - Comptes rendues des séances de la société de biologie, 1946, **140**, 763.

29 - DENUZIERE (C.).

Essai de traitement endoscopique des obstructions calculeuses urétrales chez le chien, lithotritie par cavitation ultrasonique. - Thèse : Méd. Vét. : Alfort : 1976.

30 - DESGREZ (H.) & MALINVAUD (J.).

Les ultra-sons en rhumatologie. - Paris Médical, 1949, **39**, n° 28, 354.

31 - DIDIER (R.).

L'os pénien. - Mammalia, 1946, **10**, 78.

32 - DYSON (M.), POND (J.B.) & BROADBENT (J.).

The effect of ultrasounds at level inducing bloodcell stasis on the ultrastructures of bloodvessels in chick embryon. - Second world congress on ultrasounds, 1970, 27.

33 - FABRICANT (C.G.), KING (J.M.), GASKIN (J.M.) & GILLEPSIE (J.S.).

Isolation of a virus from a femal cat with urolithiasis. - J.A.V.M.A., 1971, **158**, 200.

34 - FINCO (D.R.), ROSIN (E.) & JOHNSON (K.H.).

Canine urolithiasis : a reviem of 133 clinical and 23 necropsy cases. - J.A.V.M.A., 1970, **157**, 225.

35 - FOSTER (S.J.).

The urolithiasis syndrome in male cats, a statistical analysis of the problem with clinical observations. - J. Small. An. Pract. - 1967, **8**, n° 4, 207.

36 - GOULDEN (B.E.).

Clinical observation on the role of urinary infection in the aetiology of canine urolithiasis. - Vet. Rec., 1968, **83**, 509.

37 - GOULDEN (B.E.).

Some observations on serum biochemistery in canine urolithiasis. - NEW ZEALAND Vet. J., 1969, **17**, 57.

38 - GOULDEN (B.E.) & WHITE (E.G.).

Urolithiasis in dog : treatement and prophylaxis. - J. Sm. An. Pract., 1966, **7**, 560.

39 - GUIEYSSE (L.) & SABATHE (P.).

Acoustique sous-marine. - Paris : Dunod, 1964.

40 - HARDING (H.P.) & SUMMER (G.R.).

Hyaluronidase in treatement of uretral calculi. - Vet. Rec., 1955, **67**, 771.

41 - HENAFF (F.).

Uretrotomie dans les rétrécissements de l'urètre, emploi de tubes permanents. - Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1932.

42 - HENSON (O.W.).

The perception and analysis of biosonar signal by bats. - Cours d'été de l'OTAN : Les systèmes sonar animaux, biologie et bionique, tome II, R.G. Busnel édit., 1966, 949.

43 - JACKSON (O.F.).

Oxalate calculi and oxaluria in the cat. - Vet. Rec., 1968, **83**, 417.

44 - JACKSON (O.F.).

The treatement and subsequent prevention of struvite urolithiasis in cats. - J. Sm. An. Pract., 1971, **12**, 555.

45 - JACKSON (O.F.) & SUTOR (D.J.).

Ammonium acid urate calculus in a cat with a high uric excretion possibly due to a renal tubular reabsorption. - Vet. Rec., 1970, **86**, 335.

46 - JACKSON (O.F.), SUTOR (D.J.), WOOLEY (S.E.).

Crystalline material from the feline bladder. - Res. Vet. Sci., 1970, **11**, 298.

47 - JEANBLAIN (M.) & LE NIHOUANNEN (J.C.).

Cystine, cystinurie, lithiase cystinique chez le chien. - Bull. Soc. Sci. Vet. Med. Comp., Lyon, 1971, **73**, 257.

48 - JEANMONOD (P.).

Contribution à l'étude du traitement chirurgical de l'obstruction calculeuse du chien, uretrostomie antescrotale. - Thèse : Méd. Vét. : Alfort : 1973.

49 - JOHNSTON (D.E.)

L'appareil génital mâle, chirurgie canine. - Paris : Dunod, 1973.

50 - JOLLY (D.W.) & WORDEN (A.N.).

Urolithiasis in dog, III, nutritional aspects. - J. Sm. An. Pract., 1966, **7**, 549.

51 - KREBS (—).

Les ultra-sons, possibilité de leur emploi en médecine vétérinaire. - Thèse : Méd. Vét. : Lyon : 1976.

52 - LAMPORT (H.) & NEWMAN (H.F.).

Cristical appraisal of methods for disruption and extraction of urinary calculi especially with ultrasounds. - (cités par LUTZEYER), Yale, J. Biol. Med., 1955, **27**, 395.

53 - LAVIALLE (M.B.).

De la desobstruction de l'urètre chez le chat. - Bull. Soc. Vét. Prat., 1962, —, 14.

54 - LEPORI (R.).

Contribution à l'étude des ultra-sons en thérapeutique vétérinaire. - Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1956.

55 - LUTZEYER (W.), POHLMAN (R.), TERHORST (B.) & CICHOS (M.).

Die zerstörund von harn steinen durch ultraschall, I, experimentalle untersuchungen. - Urol. Int., 1970, **25**, 47.

56 - MAC CULLY (R.M.).

Antepubic uretrostomy for the relieve of recurent uretral obstruction in the male cat. - J.A.V.M.A., 1955, **126**, 173.

57 - MENDHAM (J.H.).

A description and evolution of antepubic uretrostomy in male cat. - J. Sm. An. Pract., 1970, **2**, 709.

58 - MILLER (M.E.) & EVANS (H.E.), CHRISTENSEN (G.C.).

Anatomy of the dog. - Philadelphie : Saunders, 1964.

59 - MOHRES (E.P.).

Communicative caracter of sonar signals in bats. - Cours d'été de l'OTAN : Les systèmes sonar animaux, biologie et bionique, tome II, R.G. Busnel édit., 1966, 939.

60 - OSBALDISTON (G.W.) & LOWREY (J.L.).

Allopurinal in the prevention of hyperuricemie in Dalmatian dogs. - Sm. An. Clin., 1971, **66**, 711.

61 - OSBORNE (C.A.), LOW (D.G.), FINCO (D.R.).

Urologie du chien et du chat. - Paris : Vigot, 1976.

62 - PAVAUX (C.).

Cours de splanchnologie des mammifères domestiques, fasc. III, appareil uro-génital. - Ecole Nationale Vétérinaire, Toulouse, 1977.

63 - PEKER (J.).

Cystite et urilithiase félines, traitement homéopathique. - An. de Comp., 1972, **25**, 35.

64 - PELSE (H.).

La Calculose urétrale du chat, son traitement chirurgical. - Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1975.

65 - PIERARD (J.).

Anatomie appliquée des carnivores domestiques, chien et chat. - Paris : Maloine, 1972.

66 - PIERMATTEI (D.L.) & OSBORNE (C.A.).

Non surgical removal of uretral calculi from males dogs. - J.A.V.M.A., 1971, **159**, 1755.

67 - PIQUEREAU (J.J.).

Contribution à l'étude des paraodontologies canines. Applications des ultra-sons. - Thèse : Méd. Vét. : Alfort : 1972.

68 - POURCELOT (L.), GEORGES (P.), FOURCADE (C.) & GUILLAUD (C.).

Débimètre sanguin à effet Doppler. - Elec. Med., 1966, **35**, 13.

69 - RHODES (W.H.).

Pneumocystography in dog. - J. Amer. Vet. Rad. Soc., 1967, **8**, 45.

70 - RICH (L.J.) & FABRICANT (C.G.).

Virus induced urolithiasis in male cats. - Cornell. Vet., 1976, **66**, 542.

71 - RICH (L.J.) & KIRK (R.W.).

Feline uretral obstruction, minéral aspects. - Am. J. Vet. Res., 1968, **29**, 2149.

72 - ROUX (F.).

Le Diagnostic de gestation chez la chienne par les ultra-sons. - Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1977.

73 - SCHECHTER (R.D.).

The signifiance of bacteria in feline cystinis and urolithiasis. - J.A.V.M.A., 1970, **156**, 1567.

74 - SCHLAAF (S.).

Prophylaxe und postoperative therapie der urolithiasis beim hund und katze. - Kleintier Praxis, 1961, **6**, 233.

75 - SEVESTRE (R.D.).

Traitement chirurgical des lithiases urinaires du chien mâle. Rec. Med. Vet., 1973, **149**, 1175.

76 - SHOJI (R.), MOMUA (E.), SCHIMIZU (T.) & MATSUDA (F.).

AN experimental study on the effect of low intensity ultrasounds on developping mouse embryons. - J. Fac. Sci., 1971, **18**, 51.

77 - SISSON (S.) & GROSSMAN (J.D.).

The anatomy of domestic animals. - Philadelphie : Saunders, 1953.

78 - SNOW (H.N.).

Surgical transposition of feline uretra necessary to ameliorate urolithiasis. - J. Sm. An. Pract., 1972, **13**, 193.

79 - STOCKMAN (V.).

Surgery of urolithiasis in male dog. - J. Sm. An. Pract., 1972, 13, 635.

80 - TREACHER (R.J.).

Amino acid excretion in cystine stone disease. - Vet. Rec., 1962, **74**, 503.

81 - TREACHER (R.J.).

Symposium on urolithiasis in the dog, biochemical aspects. - J. Sm. An. Pract., 1966, **7**, 537.

82 - TREFI (N.).

Intérêt des ultra-sons en obstétrique, étude de l'effet Doppler à propos de 451 observations. - Thèse : Univ. Lyon : Méd. : 1969.

83 - TURNER (T.).

Observation on uretral obstruction in male cats. - J. Sm. An. Pract., 1971, **12**, 85.

84 - VISSEAUX (F.).

Application de l'effet Doppler aux ultra-sons, son intérêt dans le diagnostic de gestation chez la brebis. - Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1975.

85 - WEARVER (A.D.).

Canine urolithiasis, incidence, chemical composition and outcome of 100 cases. - J. Sm. An. Pract., 1970, 11, 93.

86 - WHITE (A.D.).

Urinary calculi in the dog with especial reference to cystine stone. - J. Comp. Pathol., 1944, **54**, 26.

87 - WHITE (E.G.), TREACHER (R.J.), PORTER (P.).

Urinary calculi in the dog, incidence and chemical composition. J. Comp. Pathol., 1961, **71**, 201.

88 - WHITEHEAD (J.F.).

Urolithiasis in the feline. Etiology, symptomatologie, and treatement with a prepubis uretrostomy employing a permanent induelling polyethylene tube. - Sm. An. Clin., 1961, **1**, 307.

89 - WOLTER (R.).

Alimentation et pathologie chez les carnivores domestiques.
- Animal de Compagnie, 1973, **30**, 1.

* *
*

PLAN

INTRODUCTION 1

CHAPITRE PREMIER

La Calculose Urétrale 3

1. DÉFINITION 3

2. ÉTIOLOGIE ET PATHOGÉNIE 3

3. ÉTUDE CLINIQUE 5

3.1. Évolution 5

3.2. Diagnostic 6

3.3. Nature des Calculs 7

3.4. Localisation 7

4. TRAITEMENTS CLASSIQUES 8

4.1. Traitement Médical 8

4.2. Traitement Chirurgical 8

CHAPITRE DEUXIÈME

Les Ultrasons et leurs Utilisations médicales 11

1. DÉFINITION ET HISTORIQUE 11

2. PRODUCTION D'ULTRASONS 13

2.1. Par les Etres Vivants 13

2.2. Production Artificielle 13

2.2.1. La Piézoélectricité 13

2.2.2. La Magnétostriction 14

2.2.3. L'Électrostriction 14

3. PROPRIÉTÉS DES ULTRASONS 15

3.1. Propriétés Physiques 15

3.2. Effets Biologiques 16

4. APPLICATIONS MÉDICALES 17
4.1. En Médecine Humaine 17
4.2. En Médecine Vétérinaire 17
4.2.1. Gynécologie 17
4.2.2. Odontologie 17
4.2.3. Rhumatologie, Algies Diverses 17
4.2.4. Cancérologie 17
4.2.5. Urologie 18

CHAPITRE TROISIÈME
Recherches Personnelles, mise au point de Sondes 19
1. DONNÉES PHYSIQUES 19
1.1. Matériel 19
1.2. Fonctionnement 21
1.3. Protocole d'Intervention 21
1.4. Contraintes Techniques 22
2. DONNÉES ANATOMIQUES 24
2.1. Rappel anatomique 24
2.1.1. Conformation de l'Urètre 24
2.1.2. Structure de l'Urètre 24
2.1.3. L'Os Pénien 34
2.2. Les Animaux Étudiés 34
2.3. Manipulations 37
2.3.1. Moulages 37
2.3.2. Étude des Sondes Souples 38
2.3.3. Les Radiographies 41
2.3.4. Dissection 41
2.3.5. Les Os Péniens 41
3. COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS : Les Sondes 44
3.1. Chez le chien 44
3.2. Chez le chat 45
3.3. Utilisation des Sondes 45

CONCLUSIONS 48

BIBLIOGRAPHIE 50

PLAN 59

Imprimé par
INSTAPRINT - Tours